

European Scientific Journal, *ESJ*

September 2023

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

September 2023 edition vol. 19, No. 27

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,
Szolnok University College, 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

Faranak Seyyedi,
Azad University of Arak, Iran

Abe N'Doumy Noel,
International University of Social Sciences Hampate-Ba (IUSS-HB) Abidjan RCI, Ivory
Coast

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, Saarbrucken, Germany

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Lodz, Poland

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

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

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,
State Pedagogical University, Azerbaijan

Assem El-Shazly,
Zagazig University, Egypt

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

Anna Zelenkova,
Matej Bel University, Slovakia

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 Olavegogeochea,
National University of Comahue, Argentina

Raul Rocha Romero,
Autonomous National University of Mexico, Mexico

Driss Bouyahya,
University Moulay Ismail, Morocco

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 Gantzoglanis,
University of Sherbrooke, Canada

Awoniyi Samuel Adebayo,
Solusi University, Zimbabwe

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

Berenyi Laszlo,
University of Miskolc, Hungary

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

Omar Arturo Dominguez Ramirez,
Hidalgo State University, Mexico

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

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

Ashgar Ali Ali Mohamed,
International Islamic University, Malaysia

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

Enkeleint - Aggelos Mechili,
National and Kapodistrian University of Athens, Greece

Anita Auzina,
Latvia University of Agriculture, Latvia

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

Alfonso Conde,
University of Granada, Spain

Jose Antonio Pineda-Alfonso,
University of Sevilla, Spain

Jingshun Zhang,
Florida Gulf Coast University, USA

Rodrigue V. Cao Diogo,
University of Parakou, Benin

Marco Mele,
Unint University, Italy

Okyay Ucan,
Omer Halisdemir University, Turkey

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

Matti Raudjarv,
University of Tartu, Estonia

Cosimo Magazzino,
Roma Tre University, Italy

Susana Sousa Machado,
Polytechnic Institute of Porto, Portugal

Jelena Zascerinska,
University of Latvia, Latvia

Umman Tugba Simsek Gursoy,
Istanbul University, Turkey

Zoltan Veres,
University of Pannonia, Hungary

Vera Komarova,
Daugavpils University, Latvia

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

Stephane Zingue,
University of Maroua, Cameroon

Georges Kpazai,
Laurentian University, Canada

Natalia Sizochenko,
Dartmouth College, USA

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

Yassen Al Foteih,
Canadian University Dubai, UAE

Marisa Cecilia Tumino,
Adventista del Plata University, Argentina

Luca Scaini,
Al Akhawayn University, Morocco

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

Mahgoub El-Tigani Mahmoud,
Tennessee State University, USA

Daniel Federico Morla,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Valeria Autran,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,
Universiti Sains, Malaysia

Angelo Viglianisi Ferraro,
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

Roberto Di Maria,
University of Palermo, Italy

Delia Magherescu,
State University of Moldova, Moldova

Paul Waithaka Mahinge,
Kenyatta University, Kenya

Aicha El Alaoui,
Sultan My Slimane University, Morocco

Marija Brajčić,
University of Split, Croatia

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

Belen Martinez-Ferrer,
Univeristy Pablo Olavide, Spain

Rachid Zammar,
University Mohammed 5, Morocco

Fatma Koc,
Gazi University, Turkey

Calina Nicoleta,
University of Craiova, Romania

Sadik Madani Alaoui,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Patrizia Gazzola,
University of Insubria, Italy

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

Janaka Jayawickrama,
University of York, United Kingdom

Kiluba L. Nkulu,
University of Kentucky, USA

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

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

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

Vlad Monescu,
Transilvania University of Brasov, Romania

Stefano Amelio,
University of Unsubria, Italy

Enida Pulaj,
University of Vlora, Albania

Julius Gathogo,
University of South Africa, South Africa

Claudia Pisoschi,
University of Craiova, Romania

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

Maurice Gning,
Gaston Berger University, Senegal

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

Syed Shadab,
Jazan University, Saudi Arabia

Mario Adelfo Batista Zaldivar,
Technical University of Manabi, Ecuador

Kalidou Seydou,
Gaston Berger University, Senegal

Patrick Chanda,
The University of Zambia, Zambia

Laid Benderradji,
Mohamed Boudiaf University of Msila, Algeria

Oruam Cadex Marichal Guevara,
University Maximo Gomes Baez, Cuba

Vanya Katarska,
National Military University, Bulgaria

Patricia Randrianavony,
University of Antananarivo, Madagascar

Roque V. Mendez,
Texas State University, USA

Kesbi Abdelaziz,
University Hassan II Mohammedia, Morocco

Elenica Pjero,
University Ismail Qemali, Albania

Veronica Flores Sanchez,
Technological University of Veracruz, Mexico

Camille Habib,
Lebanese University, Lebanon

Larisa Topka,
Irkutsk State University, Russia

Paul M. Lipowski,
Creighton University, USA

Marie Line Karam,
Lebanese University, Lebanon

Visnja Lachner,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Patience Mpanzu,
University of Kinshasa, Congo

Devang Upadhyay,
University of North Carolina at Pembroke, USA

Nyamador Wolali Seth,
University of Lome, Togo

Akmel Meless Simeon,
Ouattara University, Ivory Coast

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

Gamal Elgezery,
Suez University, Egypt

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

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

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

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

Lalla Aicha Lrhorfi,
University Ibn Tofail, Morocco

Ruth Adunola Aderanti,
Babcock University, Nigeria

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

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

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

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

Aderewa Amontcha,
Universite d'Abomey-Calavi, Benin

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

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

Emel Ceyhun Sabir,
University of Cukurova, Turkey

Salomon Barrezueta Unda,
Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

Belkis Zervent Unal,
Cukurova University, Turkey

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

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

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 Cecilia 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

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

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

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

Bertin Desire Soh Fotsing,
University of Dschang, Cameroon

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

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

Abdelfettah Maouni,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Alina Stela Resceanu,
University of Craiova, Romania

Alilouch Redouan,
Chouaib Doukkali University, Morocco

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

Sufi Amin,
International Islamic University, Islambad Pakistan

Sanja Milosevic Govedarovic,
University of Belgrade, Serbia

Elham Mohammadi,
Curtin University, Australia

Andrianarizaka Marc Tiana,
University of Antananarivo, Madagascar

Ngakan Ketut Acwin Dwijendra,
Udayana University, Indonesia

Yue Cao,
Southeast University, China

Audrey Tolouian,
University of Texas, USA

Asli Cazorla Milla,
University of the People, USA

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

Hadi Sutopo,
Topazart, Indonesia

Priyantha W. Mudalige,
University of Kelaniya, Sri Lanka

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

Pinnawala Sangasumana,
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

Abdelali Kaaouachi,
Mohammed I University, Morocco

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

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

Amaya Epelde Larranaga,
University of Granada, Spain

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

Saly Sambou,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Daniela Di Berardino,
University of Chieti-Pescara, Italy

Dorjana Klosi,
University of Vlore "Ismail Qemali, Albania

Abu Hamja,
Aalborg University, Denmark

Stankovska Gordana,
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

Maria Leticia Bautista Diaz,
National Autonomous University, Mexico

Bruno Augusto Sampaio Fuga,
North Parana University, Brazil

Anouar Alami,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Vincenzo Riso,
University of Ferrara, Italy

Janhavi Nagwekar,
St. Michael's Hospital, Canada

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

Xi Chen,
University of Kentucky, USA

Fateh Mebarek-Oudina,
Skikda University, Algeria

Nadia Mansour,
University of Sousse, Tunisia

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

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

Enriko Ceko,
Wisdom University, Albania

Laura Fischer,
National Autonomous University of Mexico, Mexico

Mauro Berumen,
Caribbean University, Mexico

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

Maria Carlota,
Autonomous University of Queretaro, Mexico

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

Bhupendra Karki,
University of Louisville, Louisville, USA

Evens Emmanuel,
University of Quisqueya, Haiti

Iresha Madhavi Lakshman,
University of Colombo, Sri Lanka

Francesco Scotognella,
Polytechnic University of Milan, Italy

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

Rawaa Qasha,
University of Mosul, Iraq

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

Hani Nasser Abdelhamid,
Assiut University, Egypt

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

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

Ilenia Farina,
University of Naples "Parthenope, Italy

Luisa Zanolla,
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

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

Adriana Burlea-Schiopoiu,
University of Craiova, Romania

Alejandro Palafox-Munoz,
University of Quintana Roo, Mexico

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

Luis Angel Medina Juarez,
University of Sonora, Mexico

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

Sameer Algburi,
Al-Kitab University, Iraq

Braione Pietro,
University of Milano-Bicocca, Italy

Mounia Bendari,
Mohammed VI University, Morocco

Stamatios Papadakis,
University of Crete, Greece

Aleksey Khlopytskyi,
Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine

Sung-Kun Kim,
Northeastern State University, USA

Nemanja Berber,
University of Novi Sad, Serbia

Krejsa Martin,
Technical University of Ostrava, Czech Republic

Magdalena Vaverkova,
Mendel University in Brno, Czech Republic

Jeewaka Kumara,
University of Peradeniya, Sri Lanka

Antonella Giacosa,
University of Torino, Italy

Paola Clara Leotta,
University of Catania, Italy

Francesco G. Patania,
University of Catania, Italy

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

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

Usama Konbr,
Tanta University, Egypt

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

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

Giacomo Buoncompagni,
University of Florence, Italy

Elza Nikoleishvili,
University of Georgia, Georgia

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

Atanga Essama Michel Barnabé,
Université de Bertoua, Cameroun

Alami Hasnaa,
Universite Chouaid Doukkali, Maroc

Emmanuel Acquah-Sam,
Wisconsin International University College, Ghana

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

Hicham Chairi,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Noureddine El Aouad,
University Abdelmalek Essaady, Morocco

Samir Diouny,
Hassan II University, Casablanca, Morocco

Gibet Tani Hicham,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

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

Abderrahim Ayad,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Sara Teidj,
Moulay Ismail University Meknes, Morocco

Gbadamassi Fousséni,
Université de Parakou, Benin

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

Haounati Redouane,
Ibn Zohr Agadir, Morocco

Hicham Es-soufi,
Moulay Ismail University, Morocco

Imad Ait Lhassan,
Abdelmalek Essaâdi University, Morocco

Givi Makalatia,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Adil Brouri,
Moulay Ismail University, Morocco

Noureddine El Baraka,
Ibn Zohr University, Morocco

Ahmed Aberqi,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Oussama Mahboub,
Queens University, Kingston, Canada

Markela Muca,
University of Tirana, Albania

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

Kledi Xhaxhiu,
University of Tirana, Albania

Saleem Iqbal,
University of Balochistan Quetta, Pakistan

Dritan Topi,
University of Tirana, Albania

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

Adil Youssef Sayeh,
Chouaib Doukkali University, Morocco

Zineb Tribak,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Ngwengeh Brendaline 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 Bekteshi,
“Barleti” University, Albania

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

Oudani Hassan,
University Ibn Zohr Agadir, Morocco

Merita Rumano,
University of Tirana, Albania

Mohamed Chiban,
Ibn Zohr University, Morocco

Tal Pavel,
The Institute for Cyber Policy Studies, Israel

Jawad Laadraoui,
University Cadi Ayyad of Marrakech, Morocco

El Mourabit Youssef,
Ibn Zohr University, Morocco

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

Krzysztof Nesterowicz,
Ludovika-University of Public Service, Hungary

Laamrani El Idrissi Safae,
Ibn Tofail University, Morocco

Suphi Ural,
Cukurova University, Turkey

Emrah Eray Akca,
Bartın University, Turkey

Selcuk Poyraz,
Adiyaman University, Turkey

Ocak Gurbuz,
University of Afyon Kocatepe, Turkey

Umut Sener,
Aksaray University, Turkey

Mateen Abbas,
Capital University of Science and Technology, Pakistan

Muhammed Bilgehan Aytac,
Aksaray University, Turkey

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

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

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

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

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

Atif Ali,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Shahzada 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

Sanna Ullah,
University of Central Punjab Lahore, Pakistan

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

Heba Mostafa Mohamed,
Beni Suef University, Egypt

Abdul Basit,
Zhejiang University, China

Karim Iddouch,
International University of Casablanca, Morocco

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

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

Dolantina Hyka,
Mediterranean University of Albania

Yaya Dosso,
Alassane Ouattara University, Ivory Coast

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

Ahmed Aberqi,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

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

Soumaya Outellou,
ENCG-Ibn Tofail University-Kenitra, Morocco

Hiqmet Kamberaj,
International Balkan University, Macedonia

Table of Contents:

First Physico-Chemical and Traditional Characterisation of Lake Tseny, Northwest Madagascar.....1

Felicien Herbert Randrianandrianina

Daudet Andriafidison

Hanta Julie Razafimanahaka

Jean Robertin Rasoloariniaina

Felicitee Rejo-Fienena

Premières Données Sur la Communauté des Oiseaux du Lac de Barrage de Sologo, Département de Korhogo, Côte d'Ivoire.....18

Ehouman Boa François

Jean Magloire Niamien Coffi

Konan Ekoun Michaël

Quantifying Street Tree Regulating Heat Effects Using a Generalized Linear Mixed Model Approach.....36

Vignon Adelphe Rosos Djikpo

Oscar Teka

Sandrine Abalo

Elodie Hozanhekpon

Ghislaine Noudehou

Brice Sinsin

**Impact Négatif des Stations-Service Sur la Nappe Phréatique Adjacente.
Cas des Stations-Service Groupe Petropetroleum et Bon Berger au
Quartier Kalubwe à Lubumbashi (RD Congo).....64**

Sangwa Kiteba Guellord

Bula Katendi

Amisi Mwanayamba

Mbayo Kitambala Marsi

Asumani Salimini

**Prise en Charge d'Une Dechirure Compliquée du Perinée Post Coital au
Centre Hospitalier Universitaire de l'Amitié Sino-Centrafricaine.....87**

Roch M'Betid-Degana

Gilles-Davy Kossa-Ko-Ouakoua

Durant Boris Poutou-Piri

Sabrina Ouapaou

Gamaliel Kerebi

Sandrine Sana-Ozako

Géniva Gracelia Vanciane M'Betid-Degana

Sifa Marcelline Balungwe

Apollinaire Hepatrud

Eugène Serdouma

Apport de la Rééducation dans la Prise en Charge de la Lombalgie/Lomboradiculalgie Commune Chronique à Abidjan : Amélioration de la Douleur et de la Capacité Fonctionnelle dans 95% des Cas.....97

Kouakou Ehaulier Soh Christian Louis

Same Bebey Francine

Sougué Charles

Seri Serge Landry

Yao Konan Joe Clauvis

Traore Aissata

Koffi Joseph Kan Enock

Goua Jean Jacques

Goupille Phillipe

Daboiko Jean Claude Felix

State of the Art and Contribution to the Documentation on Fishing, Aquaculture and on the Microbiological Profile of *Clarias Gariepinus* and *Oreochromis Niloticus* Two Species of Fish Reared in the Whedos of the Upper Ouémé Delta in the Republic of Benin.....108

Kafilath Radji

Nicéphore M. Glodjinon

Brice A.M. Ohin

Noël S. Tovide

Pacôme A. Noumavo

Lamine Baba-Moussa

Farid Baba-Moussa

Nom des oiseaux et leur base de dénomination chez le peuple Gouro de la région de la Marahoué (Côte d'Ivoire).....142

Tih Mathieu Koué-Bi

K. Pierre Kouadio

K. Hilaire Yaokokoré-Béibro

Caractéristiques Epidémiologiques et Cliniques des Cervicalgies non Traumatiques en Consultation Rhumatologique dans la Ville de Bouaké, Côte d'Ivoire.....170

Ehaulier Kouakou SCL

Joseph Koffi KE

Charles Sougué

Konan Yao JC

Aissata Traore

Jean-Jacques Goua

Bali Ouattara

Phillipe Goupille

Jean-Claude Daboiko F.

Diversité des Champignons Mycorhiziens à Arbuscule Associés aux Cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire.....179

Yves Frédéric Cyriak Amani

Kacou Antoine Alban M'bo

Mamadou Cherif

Daouda Koné

Christophe Kouamé

Caractérisation des Parcs Agroforestiers à Anarcadium occidentale L. et Services Ecosystémiques dans la Forêt Classée de Dindéresso à l'Ouest du Burkina Faso.....203

Moïse Yoni

Issaka Senou

Elie Yempabou Yonli

Vecu de l'Enfant Camerounais Exposé à la Violence Conjugale au Cameroun.....235

Henriette Kepmegni M.

Leonard Nguimfack

Facteurs de Risque, Epidémiologie et Prise en Charge de la Grossesse Extra-utérine Rompue (GEUR) au Service de Gynécologie et d'Obstétrique de l'Hôpital National Ignace Deen du CHU de Conakry en 2022.....252

AFM Soumah

DWA Léo

I. Sylla

JT Tolno

I. Conté

OH Bah

AK Diallo

MH Diallo

A. Diallo

IS Baldé

Telly Sy

**Relation Taille-Poids et Facteur de Condition de l'espèce Elops lacerta
(Elopiformes : Elopidae) Valenciennes, 1847 dans le Golfe de Guinée,
Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest.....264**

Loukou Gbohono Angelina

Etchian Assoi Olivier

Tia Christian Bernard

Sylla Soumaïla

**Diversité Floristique des Forêts Dégradées de l'Unité Forestière
d'Exploitation (UFE) Nyanga, Située au Sud-Ouest de la République du
Congo.....281**

Ngassaki Oka

Saint Fédriche Ndzai

Félix Koubouana

**The Role of the Educational Program in Reducing the Child's Anxiety at
the Dentist.....303**

Ramona Vlad

Adriana Mihai

Monica Monea

**Study of Escherichia coli as a Cause of Diarrhoea in the Ashanti Region
of Ghana.....314**

Frank Awuah

Mathew Glover Addo

Linda Aurelia Ofori

Diversité des Espèces Cultivées et Stratégies d'Adaptation aux Changements Climatiques : Cas du Maraîchage dans l'Arrondissement de Maroua 1er/Cameroun.....336

Anguessin Benjamine

Bouikoum Wadou

La Réalisation d'Un Modèle Numérique du Terrain pour l'Etude de la Dynamique de l'Erosion Hydrique dans une Section Fluviale en Amont du Barrage de Bin El Ouidane (2016-2017)-(Haut Atlas/Maroc).....357

Hassan Ouakhir

Nadia Ennaji

Mohamed El Ghachi

Mimoune Goumih



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

First Physico-Chemical and Traditional Characterisation of Lake Tseny, Northwest Madagascar

Felicien Herbert Randrianandrianina, Ph.D student

Doctoral School on Biodiversity and Tropical Environments,
University of Toliara, Madagascar

Daudet Andriafidison, Ph.D

Institutes of Higher Education in Morondava-Menabe,
University of Toliara, Madagascar

Hanta Julie Razafimanahaka, Executive director

Madagasikara Voakajy Association, Madagascar

Jean Robertin Rasoloariniaina, Ph.D

Institutes of Higher Education in Antsirabe-Vakinankaratra,
University of Antananarivo, Madagascar

Felicitee Rejo-Fienena, Titular Professor

Doctoral School on Biodiversity and Tropical Environments,
University of Toliara, Madagascar

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p1](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p1)

Submitted: 21 June 2023

Accepted: 16 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Randrianandrianina F.H., Andriafidison D., Razafimanahaka H.J., Rasoloariniaina J.R. & Rejo-Fienena F.(2023). *First Physico-Chemical and Traditional Characterisation of Lake Tseny, Northwest Madagascar*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p1>

Abstract

This study was designed to assess the biophysical structure, traditional practices and water quality of Lake Tseny in northwest Madagascar. The lake was divided into five zones: the central zone and the littoral zones (east, north, west and south). Transects and direct observation were used to estimate submerged tree and vegetation cover. Information on local traditions was collected through interviews with key people and visits to sacred sites. Water quality was assessed during the rainy and dry seasons, 2017–2018. Samples were taken twice a day, in the early morning and evening, at randomly selected points at intervals of 400m. The aquatic vegetation covered over 75% of the lakeshore. Most of the submerged tree trunks were recorded along the western

area. Five sacred sites associated with eight forms of traditional taboos to reduce the potential source of water pollution were recorded in and around the lake. The lake is bowl shaped. The water was warm (T° 25.3 - 35.6 $^{\circ}$ C), slightly alkaline (pH 7.1 - 8.5), well oxygenated (DO 4.63 - 9.6 mg/l) and less mineralised (EC 71.70 - 122.40 μ S/cm). We found a seasonal difference in water quality between the rainy and dry seasons. Results showed spatial variation in water quality between zones. A comparison of the mean values with water quality standards showed that Lake Tseny has good water conditions for domestic purposes and suitable habitats for aquatic fauna throughout the year. These preliminary results provide reference data on the lake's characteristics. Due to the increasing human activities in the area, regular monitoring of water quality and physical characteristics should be carried out.

Keywords: Lake Tseny, Madagascar, Biophysical structure, Traditional practice, Physico-chemical parameters, Water quality

Introduction

Human life and the survival of aquatic species depend heavily on water sources, including lakes and rivers. Water sources provide many services, such as use for domestic and agricultural purposes, refuge and natural habitat for aquatic species, and recreational opportunities. Many factors continue to threaten freshwater ecological integrity (Munir et al., 2016). In recent years, increasing human population, food demand, land conversion and fertiliser use have led to accelerated degradation of many freshwater resources (Jayakumar et al., 2009; Mushini et al., 2012). Various physicochemical parameters have been used to determine surface water quality for drinking purposes (Joshi et al., 2009; Kumar & Sinha, 2010), to analyse water pollution (Zinsou et al., 2016), and for bio-ecological and chemical relationships (Mbalassa et al., 2014; Pârvulescu et al., 2011).

In Madagascar, hydrobiological studies have assessed the physico-chemical parameters of different water sources as indicators of water body status, water quality, and the origin of the variability of water minerals (Rabemanana et al., 2005; Rasolofomanana, 2009; Rasolofonirina et al., 2018) and interspecific relationships (Rasoloiniaina et al., 2016). Lake Tseny, located in the northwestern part of the island, is a wetland of considerable importance for both human well-being and biodiversity conservation (Andriafidison et al., 2011). The lake is home to seven native and endemic fish species, one of which, *Paretroplus menarambo*, is classified as critically endangered. This species was thought to be extinct in the wild (Loiselle & De Rham, 2003), but was recently confirmed to occur in Lake Tseny (Andriafidison et al., 2011). The lake also harbours Madagascar's big-headed

turtle *Erymnochelys madagascariensis* and the Madagascar fish eagle *Haliaeetus vociferoides*. Both species are critically endangered. Lake Tseny is an important source of income and food from fishing activities and water for domestic use (e.g., drinking water, washing, bathing). The study area is known for its intense agricultural activity and overuse of chemical pesticides. It is one of the main producers of black-eyed peas in Madagascar. Due to the high demand, producers are increasing their efforts in terms of area under cultivation and the use of pesticides. No scientific study of water quality in the area has been carried out to date. Baseline and reference data on the lake's characteristics are needed to plan for biodiversity conservation and sustainable human use. This study aims to assess: (1) traditional beliefs and practices in and around the lake (2) physical characteristics and (3) water quality for aquatic species and human use.

Materials and Methods

Study site

Lake Tseny is located in the Sofia region, Port-Bergé district, northwest Madagascar (Figure 1). Lake Tseny covers an area of 641 hectares. The undulated water surface depends on the wind direction and the seasons. From May to October, during the dry season, the easterly 'varatraza' winds blow from east to west, pushing the water in the same direction. But in the rainy season, from November to April, the westerly 'talio' winds push it in the opposite direction (from west to east). The average annual temperature is 26.4°C. The average recorded rainfall varies from 1098 mm to 2053 mm.

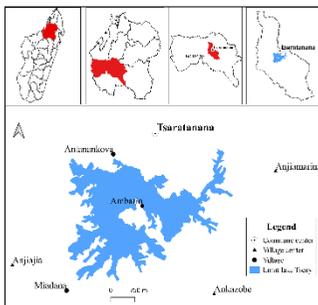


Figure 1. Study site

Data collection

In situ water sampling was carried out in September and December 2017 and in April and September 2018. The representative sample points were randomly selected using the transect method (CCME, 2011). However, we selected each point at 400 meters intervals using GPS by canoe. Fifty-eight (58) points were recorded and measured (Figure 2). Seasonal measurements were made at the same points. Based on local knowledge, the lake is divided into five fishing areas or zones: North, South, West, East, and Central zones

(Figure 2). The boundaries of the areas were mainly determined based on the cardinal direction and indigenous considerations about the fishing places, passed from generation to generation in informal way.

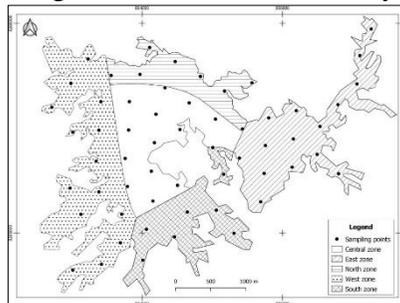


Figure 2. Lake zones and sampling point locations

Sampling was carried out twice a day: between 05:00–08:00 in the morning and 15:00–18:00 in the evening. In this study, physico-chemical parameters such as water surface temperature, pH, electrical conductivity (EC) and total dissolved solids (TDS) were measured using a portable multi-parameter meter kit Apera instruments SX823-B. Water depth was measured using a depth mate portable water sounder. Dissolved oxygen (DO) and oxygen saturation (O2) were measured using an YSI's EcoSense DO200A handheld DO meter. Ammonium, nitrate and nitrite analyses were also carried out using a API Freshwater Master Test Kit. Sampling tubes were properly cleaned with water before the next analysis. In addition, environmental conditions (temperature and relative humidity) were recorded using special data loggers placed in the peninsula village in the middle of the lake.

The description of the vegetation cover in the littoral zones was carried out by measuring the macrophyte covering the shoreline. Measurement locations were randomly selected using the transect method (CCME, 2011) during the selection of water sampling locations. However, the shoreline locations close to (approximately 20m) and perpendicular to the sampling locations were selected. Percent coverage of vegetation was estimated within 20 m horizontal line in the littoral zone using direct observation. Macrophyte percent coverage was determined according to the CCME (2011) categories:

- Absent 0%
- Sparse 1-30%
- Moderate 30-60%
- Dense 60-100%.

The pattern groups of vegetations all through the lake were also recorded using direct observation. A submerged woods assessment was carried out in October 2017, during the low water level by recording the location, number and diameter of sunken woods using GPS and a canoe.

Key informant interviews were conducted to collect data on sacred sites and associated local taboos. Key informants include fokontany 'smallest administrative subdivision' or village leaders and elders, as well as community members who are familiar with the lake and its surroundings, taboos and traditional culture.

Data processing and statistical analysis

The normality test has shown nonnormal distribution of data. Nonparametric statistical test variables were used. The Kruskal-Wallis test was used to compare variations in physico-chemical parameters between lake zones (north, south, east, west and central) and the Mann-Whitney test for seasonal differences (dry and wet) was performed in R 3.3.2. Spearman's correlation was used to determine the relationships between the physico-chemical parameters.

Results

Biophysical characteristics of the Lake Tseny

The shape of Lake Tseny shows many bays, three tributary inlets (Ambalambato in the north, Begidroa in the east and Ambarijeby in the south) and one main outlet (Ambinany in the north). The Anjombony and Ambavany Ankazobe rivers are the two main tributaries of the lake. The tributaries flow into the lake mainly during the flood season and transport a large amount of organic and inorganic material. The aquatic vegetation covered more than 75% of the littoral zone, mainly *Phragmites* sp. (POACEAE). The lake shows a spatial distribution of pattern groups of aquatic vegetation (*Phragmites* sp.) (Figure 3).

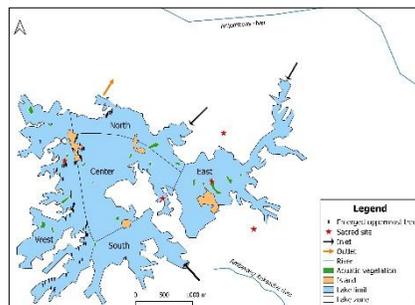


Figure 3. Spatial distribution of aquatic vegetation, submerged tree and island

Submerged trees

A total of 115 submerged wood items were recorded at 81 sites. The topmost branches protrude from the water surface (Figure 4).



Figure 4. Emerged uppermost branches

The results show a spatial variation in the distribution of submerged wood within the lake. However, 82 submerged trunks were recorded at 53 sites on the western shore, followed by 22 submerged trunks at 19 sites in the central zone. In addition, 10 pieces of submerged wood were recorded at eight sites in the north and only one piece in the south. No submerged wood was recorded on the east bank. The diameter of submerged tree trunks ranged from 0.1 to 0.6 m, with a mean of 0.24 ± 0.09 m. A significant difference in wood diameter was found between lake zones (Kruskal-Wallis test: $df = 3$, $p < 0.05$). The largest submerged wood was found in the central zone and the smallest in the northern shore (Figure 5).

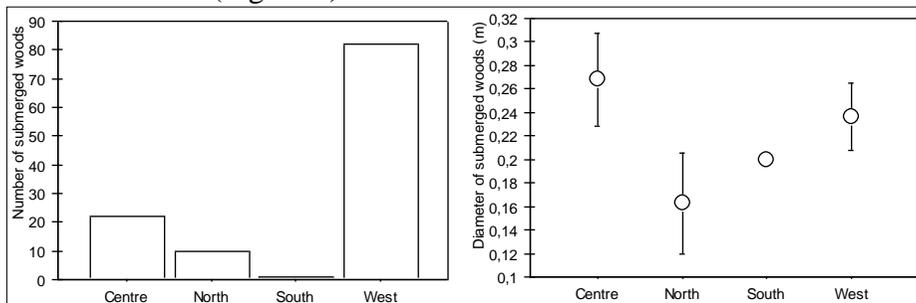


Figure 5. Variation in emerged uppermost tree trunks between lake zones

Taboos and traditional practices

Five sacred sites were surveyed in and around Lake Tseny (Figure 3). These sites have high spiritual value and are the sites of important traditional ceremonies. Eight main taboos were reported: 1) no pig or pork in and around the lake, 2) no menstruating women passing through the lake, 3) no defecating or urinating anywhere on the lake, 4) no motorised canoe, 5) no washing dishes in the lake, 6) no fishing on Tuesday, 7) no passing the lake while drunk, 8) be physically clean before fishing.

Key informants reported that these taboos are enforced in and at the villages around the lake. The penalty for breaking a taboo is the sacrifice of a

zebu. Breaking the taboo is reported to have a supernatural sanction, such as low fishing catch and/or death by drowning.

Physico-chemical water characteristics

The data (Means, std.Err, min and max values) for water physico-chemical parameters are presented in Table 1.

Table 1. Basic statistics summary for the general physico-chemical parameters (for all data together)

Water parameters	Mean	Std. Err	Min	Max
Depth (m), N= 232	4.04	0.09	1.4	7.4
Temperature (°C), N= 231	28.65	0.15	25.30	35.60
pH, N= 232	8.00	0.02	7.05	8.54
Electrical Conductivity: EC (µS/cm), N= 231	96.03	0.84	71.70	122.40
Total Dissolved Solid: TDS (mg/l), N= 232	68.27	0.60	51.10	84.90
Dissolved Oxygen: DO (mg/l), N= 232	7.62	0.06	4.63	9.60
Oxygen saturation: O ₂ (%), N= 232	98.33	0.77	59.90	120.40
Nitrate: NO ₃ - (mg/l), N= 208	0.09	0.05	0.00	5.00
Nitrite: NO ₂ - (mg/l), N= 232	0.01	0.01	0.00	1.00
Ammonium: NH ₄ - (mg/l), N= 232	0.23	0.01	0.00	1.00

The results from the statistical variation test in physico-chemical parameters are shown in figures 6 and 7.

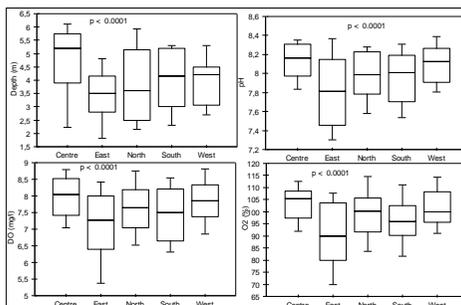


Figure 6. Variation in physico-chemical parameters (p =Kruskal Wallis value test) between lake zones (centre, east, north, south and west)

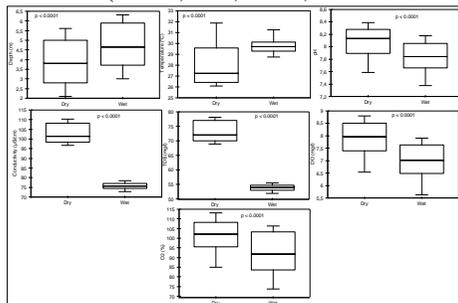


Figure 7. Variation in physico-chemical parameters (p =Mann Whitney value test) between seasons (Dry and wet)

The lake showed very significant variation in water depth between the lake zones and seasons. However, the lake is bowl-shaped, significantly deepest in the central zone and shallowest in the littoral zone, especially in the eastern zone (Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 31.48$, $df = 4$, $p < 0.0001$). The water was significantly deeper in the wet season than in the dry season (Mann-Whitney test: $z = -4.16$, $p < 0.0001$). The water level in the wet season (April) was 1m higher than in the dry season (November-December).

Water surface temperature was warm but not significantly different between lake zones (Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 4.61$, $df = 4$, $p > 0.05$), indicating uniform conditions for temperature. But a significant difference between seasons was found (Mann-Whitney test: $z = -5.73$, $p < 0.0001$), with the wet season being warmer than the dry season.

The water was slightly alkaline. The pH value varied significantly between the zones of the lake (Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 27.24$, $df = 4$, $p < 0.0001$). The highest pH (8.12 ± 0.03) was recorded in the central zone and the lowest (7.81 ± 0.05) in the littoral zone. A significant difference in water pH between seasons was found (Mann-Whitney test: $z = -5.57$, $p < 0.0001$). However, it was higher in the dry season (8.07 ± 0.29) than in the wet season (7.80 ± 0.31).

The results showed no spatial difference in conductivity between the lake zones (Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 3.12$, $df = 4$, $p > 0.05$). Thus, water conductivity is relatively constant across the lake areas. A strong significant difference in conductivity between seasons was found (Mann-Whitney test: $z = -11.39$, $p < 0.0001$). Higher conductivity was recorded during the dry season ($102.82 \pm 5.88 \mu\text{S/cm}$) than during the wet season ($75.79 \pm 2.00 \mu\text{S/cm}$).

There was no significant difference in TDS between the lake zones (Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 3.35$, $df = 4$, $p > 0.05$). A similarity in water TDS was found throughout the lake. Our results showed highly significant variations in TDS between seasons (Mann-Whitney test: $z = -1.39$, $p < 0.0001$), and higher water TDS was observed in the dry season ($73.09 \pm 4.03 \text{ mg/l}$) than in the wet season ($53.84 \pm 1.33 \text{ mg/l}$).

Dissolved oxygen (DO) concentration showed a spatial significant difference between the lake zones (Kruskal-Wallis test: $\chi^2 = 23.64$, $df = 4$, $p < 0.0001$). However, DO was highest in the central lake ($7.97 \pm 0.09 \text{ mg/l}$) and lowest in the littoral ($7.08 \pm 0.15 \text{ mg/l}$). There was also a significant variation in DO between seasons (Mann-Whitney test: $z = -6.75$, $p < 0.0001$), and it was higher in the dry season ($7.86 \pm 0.86 \text{ mg/l}$) than in the wet season ($6.91 \pm 0.85 \text{ mg/l}$). Oxygen saturation (O_2) is a function of DO and showed significant variation between lake zones and seasons.

Our results showed no spatial difference in nitrogen components (nitrate, nitrite, and ammonium) between lake areas (Kruskal-Wallis test: $\chi^2 <$

7.15 for all components, $df = 4$, $p > 0.05$) nor between seasons ($z < 0.7$ for all components, $p > 0.05$).

Correlation between water physico-chemical parameters

The results from Spearman’s r correlation showed the correlation between physico-chemical parameters (Table 2).

Table 2. Correlation matrix between physico-chemical parameters of Lake Tseny: * $p < 0.0001$. D: Depth (m); T°: Temperature (°C); EC: Electrical conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$); TDS: Total Dissolved Solid (mg/l); DO: Dissolved oxygen (mg/l); O₂: Oxygen Saturation (%); NO₃⁻: Nitrate (mg/l); NO₂⁻: Nitrite (mg/l); NH₄⁺: Ammonium (mg/l).

	D	T°	pH	CE	TSD	OD	O ₂	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
T°	0.018								
pH	0.021	0.001							
EC	0.074	0.002	0.034						
TDS	0.07	0.002	0.038	*0.997					
DO	0.007	0.066	*0.703	0.033	0.037				
O ₂	0.027	0.007	*0.743	0.025	0.029	*0.849			
NO ₃ ⁻	0.001	0.024	0.002	0.028	0.029	0.006	0.003		
NO ₂ ⁻	0.003	0.08	0.016	0.03	0.03	0.000	0.016	0.364	
NH ₄ ⁺	0.001	0.02	0.007	0.006	0.006	0.031	0.016	0.111	0.093

Fluctuations of ambient conditions

Our results from the temperature and humidity data loggers showed the fluctuation of air conditions during the study period. The average temperature was 27.35 °C, with a minimum of 24.23 °C in July and a maximum of 30.16 °C in November (Figure 8). Relative humidity values varied throughout the year. The average relative humidity was 63.2%, with a minimum of 53.0% recorded in January. It reached a maximum of 73.4% in March.

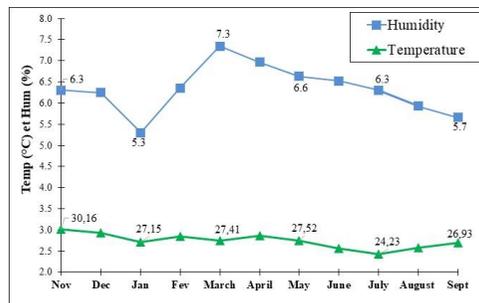


Figure 8. Temperature and humidity fluctuations during the present study

Discussion

Physical habitat of lake Tseny

Aquatic vegetation covered large littoral zones and numerous groups of aquatic vegetation were distributed throughout the lake. The most

submerged tree trunks were recorded along the western lake. Our findings corroborate those of Andriafidison et al. (2011), who reported that the western area of the lake contained permanently submerged woods around which *P. menarambo* (a native and critically endangered fish species) was frequently netted. It was reported that the physico-chemical conditions of the western lake, especially around the submerged tree, influenced the habitat used by *P. menarambo* (Randrianandrianina unpublished). De Rham & Nourissat (2003) reported that the *Paretroplus* species are substratum spawners and require a solid surface to lay their eggs. In addition, Angermeier & Karr (1984) documented that many fish are sensitive to the effects of woody debris on habitat and food availability and are more closely related to the benefits of camouflage. The physical characteristics of the lake represent and provide essential habitats for aquatic species, including fish.

Importance of local traditions in Lake Tseny

Various forms of taboos and traditional prohibitions governed the lake Tseny. These prohibitions regulate human activities to minimise direct and indirect negative impacts on water quality by limiting potential anthropogenic pollution and to reduce pressure on fisheries resources by limiting the number of fishing days. In Madagascar, there has been a growing interest in integrating local traditions into modern conservation and management plans (e.g. Lingard et al., 2003). The traditional customs in and around lake Tseny were more weakly respected than reported by Cinner (2007) and Rabearivony et al. (2008) (Randrianandrinina unpublished).

Ambario village traditional authority asserted that to establish a lake uses and socio-cultural harmonies, the rite of purification of water should be accomplished, while the ceremony celebrates at the sacred site requires a zebu sacrifice (Randrianandrianina unpublished). To maintain the good water quality for aquatic life and human well-being through healthy aquatic ecosystem services, management implication should focus on development of the strategic plan considering the sociocultural aspect, involving the traditional authority.

Water physico-chemical characteristics

Due to rainfall, a significant difference in water depth was found between the seasons. The peak rainfall was in March (see Figure 8). The difference in water level in March may be greater than 1m the level in November-December due to the peak of precipitation. However, in terms of water depth, the research was biased by the inaccessibility of the study site in March due to the flood season when many rivers merged and overflowed, making access impossible.

Table 3 shows that all physicochemical parameters meet water quality standards for potability and suitable to sustain aquatic species.

Table 3. Standard limit values of drinking water and suitable for aquatic life

Physicochemical parameters (Present study)	Limit for drinking water		Limit suitable for aquatic life
	Acceptable limit	Restricted limit	
Temperature 25.30 to 35.60°C (28.65±0.15 °C)	25 to 30°C (WHO, 1984)	-	20°C à 32°C (Boyd, 1998; Lowe-McConnel, 1987)
pH 7.05 to 8.54 (8.00±0.02)	6.5 to 8.5 (WHO, 2011; WaterAid, 2004)	4.5 - 10 (WaterAid, 2004)	6.5 and 8.2 (Murdoch et al., 2001)
Conductivity 71.70 to 122.40 µS/cm (96.03±0.84 µS/cm)	2 000 µS/cm (WaterAid, 2004)	3 400 (WaterAid, 2004)	
Total dissolved solid 51.10 to 84.90 mg/l (68.27±0.060 mg/l)	Less than 300 mg/l (OMS)	1 000 mg/l (Madagascar Code Eau, 1999)	400 mg/l (Boyd & Tucker, 1998)
Dissolved oxygen 4.63 to 9.60 mg/l (7.62±0.06 mg/l)	Minimal of 5 mg/l (Bhanja & Ajoy 2000)	-	-
Ammonium 0 to 1 mg/l (0.23±0.01 mg/l)	17 mg/l (EPA, 2013)	-	-
Nitrate 0 to 5 mg/l (0.09±0.05 mg/l)	50 mg/l (WHO, 2011; WaterAid, 2004)	100 (WaterAid, 2004)	-
Nitrite 0 to 1 mg/l (0.01±0.01 mg/l)	0,1 mg/l (WaterAid, 2004)	3 (WaterAid, 2004)	-

The lake temperature was similar to the mean air temperature at the study site (data from the data logger in this study) and was related to the difference in air temperature between seasons, which was slightly higher in the rainy period (28.58 °C) than in the dry period (28.07 °C), indicating that the water temperature is related to the ambient temperature of the study area and period (Tfeil et al., 2018). The comparison with Lake Kinkony, the northwestern lake, showed similar values varied between 29.8°C and 34.7°C (Rasoloariniaina, 2010). The constant surface temperature throughout the lake is in agreement with the results of Charrada (1992) who showed that the water surface temperature was homogeneous throughout the lake.

The alkalinity range of the lake may be due to the photosynthesis of high-density vegetation, a process that absorbs carbon dioxide (CO₂) from the water and produces oxygen (Pedersen et al., 2013). As the plants remove CO₂, the water becomes more alkaline and the pH rises. The pH of Lake Tseny was similar to that of Lake Kinkony and ranged from 7.6 to 8.19 (Rasoloariniaina, 2010). Furthermore, the seasonal variation in pH, lower in the hot-wet period

could be explained by the higher temperature, which accelerates chemical reactions and increases metabolic activities of organisms (Chapman et al., 1996; Usharani et al., 2010), consuming the dissolved oxygen in the water and releasing CO₂, and decreasing the pH level. The spatial difference in the pH level, which was lower in the littoral zones, implied that the decomposition process was transforming high organic matter (plant debris from a large amount of aquatic vegetation on the shoreline) and lowering the pH level. Higher organic matter levels are associated with lower pH levels (Taylor & Middleton, 2004).

A lower EC value could be due to the fact that the natural sediments are poor in organic matter and less affected by mineralisation processes (Delmas, 1980). Northwestern Lake Kinkony with EC values between 169 and 298 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Rasoloariniaina, 2010) showed higher values than Lake Tseny. Agarwal & Kannan (1996) reported that the deterioration of water quality was mainly due to the concentration of TDS. However, water with high TDS is generally of poorer drinking quality. Lower EC and TDS in the rainy season could be due to the high inflow of water during rainfall, which contributes to water dilution.

The high value of the DO content may be due to both the photosynthesis of the high density of vegetation, such a process absorbing carbon dioxide (CO₂) from the water and producing oxygen (Pedersen et al., 2013), and the wind blowing that increases the exchange of atmospheric oxygen with the water surface (Kateb et al., 2018). The DO content was higher than northwestern Kinkony Lake with values ranging from 2.89 to 5.38 mg/l (Rasoloariniaina, 2010). Spatial differences, the higher oxygen concentration in the center of the lake could be explained by the fact that the center zone is well aerated because such an area is connected to an open water body and the wind blowing creates turbulences and increases the exchange of atmospheric air with the water surface. Lower oxygen concentration during the rainy season could probably explain that the lake was more polluted during the flood season when the Anjomby and Ambavany Ankazobe rivers flowed into the lake and run-off from agricultural land could carry chemical pesticides and organic matter into the lake. During the wet-hot season, the decomposition of organic matter reduces the solubility of oxygen in the water while the temperature increases (Lowe-McConnel, 1987).

The overall trend in the evolution of pH levels and oxygen contents, less basic and lower oxygen during the rainy period and in the littoral zones corroborates the positive relationship between both parameters, resulting from the present study.

Conclusion and recommendations

First knowledge of the characteristics of Lake Tseny is important because it provides a baseline and references data for lake Tseny wetland. The physical structure of the lake showed the spatial variation in habitat conditions favourable to sustain aquatic fauna. The sacred sites associated with prohibitions indicated the importance of traditional cultures in and around the lake. The physico-chemical parameters showed spatial and seasonal variations in water quality. Overall, the physico-chemical parameters indicated good water quality for domestic use and suitable conditions for the life of aquatic species, including fish. The observed variations could change to unfavorable conditions due to the increase in agricultural activities in the surrounding areas and forest degradation in the study area, as well as the impact of climate change on the water system. This needs to be taken into account to ensure the conservation of critical and indigenous species and the well-being of people. In the short and long term, regular monitoring of physico-chemical parameters should be carried out to detect any changes in the variability of the parameters and to decide on appropriate management measures. With regard to human health, the presence or absence of microbial contamination should be verified. Monitoring water quality through the structure of phytoplankton and macroinvertebrate communities, which are among the best biological indicators of water quality, should be put into practice. Further vertical studies at different times of the year are required to provide information on the water column. In terms of physical characteristics, the process of artificialisation of the lakeshore should be monitored to assess the rate of degradation of the river.

Acknowledgments

We would like to thank the Fondation Tany Meva and ACA (American Cichlid Association) for funding the pinstriped damba conservation project. We would also like to acknowledge the Ministry of Agriculture, Livestock, and Fisheries for providing the research permit. We are also grateful to Idea wild for providing the equipment for water sampling. Special thanks go to Madagasikara Voakajy Association which led the lake Tseny project activities. We appreciate all contributions from our local assistants for their help during the fieldwork and data collection.

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

Funding Statement: The authors obtained funding for the study from Fondation Tany Meva and ACA (American Cichlid Association).

Data availability: All of the data are available in the content of the paper.

References:

1. Agarwal, G., & Kannan, G. (1996). Degradation of river to diffused activities and appropriate approach for management - A case study of river Mandakini. *J. IAEM.*, 23, 113–121.
2. Andriafidison, D., Jenkins, R., Loiselle, P., McCaskie, T., Rakotoarivelo, A., Rahalambomanana, J., Ravelomanana, T., Raminosoa, R., & Saunders, A. (2011). Preliminary fish survey of Lac Tseny in north- western Madagascar. *Madagascar Conservation & Development*, 6(2), 2–7.
3. Angermeier, P., & Karr, R. (1984). Relationships between woody debris and fish habitat in a small warmwater stream. *American Fisheries Society*, 113, 716–726.
4. Bhanja, K., & Ajoy, K. (2000). Studies on the water quality index of river Sanamachhakandana at Keonjhar Garh, Orissa, India. *Poll Res*, 19, 377–385.
5. Boyd, C. (1998). Water Quality for Pond Aquaculture. *Research and Development, ICAAE. Auburn University, USA*, 43.
6. Boyd, C., & Tucker, C. (1998). Pond aquaculture and water quality management. *Kluwer Academic Pub, London*, 44–48.
7. CCME. (2011). Manuel des protocoles d'échantillonnage pour l'analyse de la qualité de l'eau au Canada. *Le Conseil Canadien Des Ministres de l'Environnement*, 211.
8. Chapman, D., Meybeck, M., Friedrich, D., & Thomas, R. (1996). Rivers. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring. *Chapman Edition, 2nd Ed. E & FN Spon, London*, 59–126.
9. Charrada, B. (1992). Le Lac de Tunis après les aménagements. Paramètres physico-chimiques de l'eau et relation avec la croissance des macroalgues. *Marine Life*, 1(1), 29–44.
10. Cinner, J. E. (2007). The role of taboos in conserving coastal resources in Madagascar. *SPC Traditional Marine Resource Management and Knowledge Information Bulletin*, 22, 15–23.
11. De Rham, P., & Nourissat, J. (2003). Les Cichlidés Endémiques de Madagascar. *Publication Association France Cichlid, Solliès-Pont, France*.
12. Delmas, D. (1980). Minéralisation de la matière organique et échanges ioniques à l'interface eau-sédiment de l'étang de Berre, Méditerranée. *Oceanologica Acta*, 3(3), 347–356.
13. EPA. (2013). Aquatic life ambient water quality criteria for ammonia freshwater. *US Environmental Protection Agency*.
14. Jayakumar, P., Jothivel, N., Thimmappa, A., & Paul, V. (2009). Physico-chemical characterization of a lentic water body from Tamil

- Nadu with special reference to its pollution status. *The Ecoscan*, 3(1–2), 59–64.
15. Joshi, D., Kumar, A., & Agrawal, N. (2009). Studies on Physicochemical parameters to assess the water quality of river Ganga for drinking purpose in Haridwar district. *RASAYAN J. Chem.*, 2(1), 195–203.
 16. Kateb, A., Rüggeberg, A., Stalder, C., Neururer, C., & Spezzaferri, S. (2018). High-resolution monitoring of water temperature and oxygen concentration in Lake Murten (Switzerland). *Swiss Journal of Geosciences*, 5, 501–510.
 17. Kumar, N., & Sinha, D. (2010). Drinking water quality management through correlation studies among various physico - chemical parameters : A case study. *International Journal of Environmental Sciences*, 1(2), 253–259.
 18. Lingard, M., Raharison, N., Rabakonandrianina, E., Rakotoarisoa, J., & Elmqvist, T. (2003). The Role of Local Taboos in Conservation and Management of Species: The Radiated Tortoise in Southern Madagascar. *Conservation and Society*, 2(1), 223–246.
 19. Loiselle, P., & De Rham, P. (2003). Paretroplus, Damba. In: *The Natural History of Madagascar*. S. M. Goodman and J. P. Benstead (Eds.), The University of Chicago Press. 877–878.
 20. Lowe-McConnel, R. (1987). Ecological studies in fish communities. *Cambridge University Press*.
 21. Madagascar Code Eau. (1999). Loi N°98–029. *Journal Official de La République de Madagascar*, 2557–2275.
 22. Mbalassa, M., Bagalwa, J., Nshombo, M., & Kateyo, M. (2014). Assessment of physicochemical parameters in relation with fish ecology in Ishasha River and Lake Edward, Albertine Rift Valley, East Africa. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(6), 230–244.
 23. Munir, T., Hussain, M., & Naseem, S. (2016). Water Pollution-A Menace of Freshwater Biodiversity : A Review Water Pollution-A Menace of Freshwater Biodiversity : A Review. *Journal of Entomology and Zoology*, 4(4), 578–580.
 24. Murdoch, T., Cheo, M., & O’Laughlin, K. (2001). *Stream keeper’s Field Guide: Watershed Inventory and Stream Monitoring Methods*. Adopt-A-Stream Foundation, Everett, WA. 297.
 25. Mushini, R., Dhilleswara, R., & Bethapudi, S. (2012). Assessment of quality of drinking water at Srikurmam in Srikakulam district, Andhra Pradesh, India. *International Research Journal of Environment Sciences*, 1(2), 13–20.
 26. Pârvolescu, L., Pacioglu, O., & Hamchevici, C. (2011). The

- assessment of the habitat and water quality requirements of the stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) and noble crayfish (*Astacus astacus*) species in the rivers from the Anina Mountains (SW Romania). *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst*, 403(03), 1–12.
27. Pedersen, O., Colmer, T., & Sand-Jensen, K. (2013). Underwater photosynthesis of submerged plants - Recent advances and methods. *Frontiers in Plant Science*, 4, 1–19.
 28. Rabearivony, J., Fanameha, E., Mampandra, J., & Thorstrom, R. (2008). Taboos and social contracts: Tools for ecosystem management – lessons from the Manambolomaty Lakes RAMSAR site, western Madagascar. *Madagascar Conservation & Development*, 3(1), 7–16.
 29. Rabemanana, V., Violette, S., Marsily, G. de, Robain, H., Deffontaines, B., Andrieux, P., Bensimon, M., & Parriaux, A. (2005). Origin of the high variability of water mineral content in the bedrock aquifers of Southern Madagascar. *Journal of Hydrology*, 310, 143–156.
 30. Rasoloariniaina, J. (2010). *Evaluation de stock et structure du peuplement ichtyologique des lacs Kinkony, Maliolio et Tsiambara dans la région de Boeny-Madagascar* (Issue March). Memoire de DEA. Option : Biologie, Ecologie et Conservation Animales, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo.
 31. Rasoloariniaina, J., Ganzhorn, J., Riemann, J., & Raminosoa, N. (2016). Water quality and biotic interaction of two cavefish species : *Typhleotris madagascariensis* Petit, 1933 and *Typhleotris mararybe* Sparks & Chakrabarty, 2012, in the Mahafaly Plateau groundwater system , Madagascar. *Subterranean Biology*, 18, 1–16.
 32. Rasolofomanana, L. (2009). *Characterization of Ranomafana Lake water quality - Antsirabe Madagascar*. Master's Thesis. Study program/specialization: Offshore engineering/Environmental control, Faculty of Science and Technology, University of Stavanger.
 33. Rasolofonirina, M., Ramaroson, V., & Ravelomanantsoa, S. (2018). Assessment of Nitrate Occurrence in the Shallow Groundwater of Merimandroso Area, Analamanga Region, Madagascar Using Multivariate Analysis. *American Journal of Water Resources*, 6(1), 39–47.
 34. Taylor, J., & Middleton, A. (2004). Compariosn of litter decomposition in a natural versus coal-Slurry pond reclaimed as a wetland. *Land Degrad. Develop.*, 15, 439–446.
 35. Tfeil, H., Mahfoudh, M., Mhamed, B., Aliyen, A., Yarba, L., & Hmeyada, A. (2018). Caractérisation Physico-Chimique Des Eaux De Surface Et Étude De La Diversité Ichtyologique De Quelques Zones Humides Continentales En Mauritanie Baba Aïnina Moulay Mhamed.

European Scientific Journal, 14(6), 83–101.

36. Usharani, K., Umarani, K., Ayyasamy, K., Lakshmanaperumalsamy, P., & Andshanthi, K. (2010). Physico-chemical and bacteriological characteristics of Noyyal River and ground water quality of Perur, India. *J Appl Sci Environ Manag*, 14, 29–35.
37. WaterAid. (2004). Politique de la qualité de l'eau. *Wateraid Madagascar*, 3.
38. WHO. (1984). *Guidelines for Drinking Water Quality. Health Criteria and other Supporting Information. 1*, Geneva, Switz.
39. WHO. (2011). *Guidelines for drinking-water quality. 4th Ed*, World Health Organization.
40. Zinsou, L., Attingli, H., Gnohossou, P., Adandedja, D., & Laleye, P. (2016). Caractéristiques physico-chimiques et pollution de l'eau du delta de l'Oueme au Benin. *J. Appl. Biosci.*, 97, 9163–9173.

Premières Données Sur la Communauté des Oiseaux du Lac de Barrage de Sologo, Département de Korhogo, Côte d'Ivoire

Ehouman Boa François
Niamien Coffi Jean Magloire
Konan Ekoun Michaël

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

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p18](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p18)

Submitted: 10 April 2023
Accepted: 18 September 2023
Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:

Ehouman B.F., Niamien Coffi J.M. & Konan E.M. (2023). *Premières Données Sur la Communauté des Oiseaux du Lac de Barrage de Sologo, Département de Korhogo, Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 18.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p18>

Résumé

Les zones humides sont des écosystèmes fertiles et productifs, qui fournissent divers services écologiques. Ces habitats abritent une forte diversité avifaunique qui indique leur état de conservation. Cependant, aucune étude ornithologique n'a été effectuée sur le lac de barrage de Sologo à vocation agropastorale, qui pourrait abriter une importante biodiversité. C'est pour combler ce manque d'informations que cette étude a été initiée de janvier 2022 à décembre 2022. Pour ce faire, 48 sessions d'observations directes hebdomadaires, utilisant la méthode des transects linéaires, ponctuées d'arrêts de 15 minutes ont été effectuées pour inventorier et caractériser cette communauté d'oiseaux. La communauté d'oiseaux avait une taille maximale de 1 464 individus et était constituée de 120 espèces d'oiseaux appartenant à 46 familles et regroupées en 17 ordres. L'ordre des Passeriformes (S=51 espèces : 42,50%) ainsi que les familles des Accipitridae (S =10 espèces :8,33%) et des Ardeidae (S =09 espèces :7,5%) ont été les plus importants. Le peuplement a été dominé par les espèces résidentes (S =94 espèces : 78,33 %) et les espèces des milieux ouverts (S =74 espèces : 61,67 %). *Dendrocygna viduata* (Linné, 1766) a été l'espèce la plus abondante (N=410 : 28,00%). Deux espèces quasi- menacées ont été inventoriées : *Falco vespertinus* Linné,

1766 et *Hylopsar cupreocauda* (Hartlaub, 1857). Les données sur la bio-écologie de ces espèces d'intérêt pour la conservation doivent être collectées afin de pouvoir proposer des stratégies de leur gestion durable au niveau local.

Mots-clés: Lac barrage de Sologo, avifaune, diversité, caractérisation, nord de la Côte d'Ivoire

Preliminary Data on the Bird Community of Sologo Dam Lake, Korhogo Department, Côte d'Ivoire

Ehouman Boa François
Niamien Coffi Jean Magloire
Konan Ekoun Michaël

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

Abstract

Wetlands are fertile and productive ecosystems that provide a variety of ecological services. These habitats are home to a high diversity of birds, indicating their conservation status. However, no ornithological studies have been carried out on the Sologo dam lake with an agropastoral vocation, which could shelter an important biodiversity. To fill this information gap, this study was initiated from January 2022 to December 2022. To do this, 48 weekly direct observation sessions, using the linear transects method, punctuated by 15-minute stops were conducted to inventory and characterize this community of birds. The bird community had a maximum size of 1,464 individuals and consisted of 120 bird species belonging to 46 families and grouped into 17 orders. The order of Passeriformes (S=51 species: 42.50%) as well as the families of Accipitridae (S=10 species: 8.33%) and Ardeidae (S=09 species: 7.5%) were the most important. The population was dominated by resident species (S = 94 species: 78.33%) and open-habitat species (S = 74 species: 61.67%). *Dendrocygna viduata* (Linnaeus 1766) was the most abundant species (N=410: 28.00%). Two Near-Threatened species have been inventoried: *Falco vespertinus* Linnaeus, 1766 and *Hylopsar cupreocauda* (Hartlaub, 1857). Data on the bio-ecology of these species of conservation interest must be collected in order to propose strategies for their sustainable management at the local level.

Keywords: Sologo dam lake, avifauna, diversity, characterization, northern Côte d'Ivoire

Introduction

Les zones humides sont des écosystèmes fertiles et productifs (Platel & Ravel, 2019). Ces milieux fournissent divers services écosystémiques ainsi que de l'eau dont dépendent les organismes végétaux et animaux pour leur survie. L'homme en tire profit dans le cadre des activités agro-pastorales (Oudouké *et al.*, 2014 ; Niamien *et al.*, 2019). Ces écosystèmes abritent divers habitats de fortes disponibilités de ressources alimentaires et partant une forte diversité avifaunique (Patole *et al.*, 2009 ; Ahmad & Bhat, 2017 ; Platel & Ravel, 2019). En effet, les zones humides sont des sites de nutrition, d'hivernage et de reproduction pour de nombreuses espèces d'oiseaux migratrices et résidentes dont certaines sont inscrites sur la liste rouge de l'Union Internationale de la Conservation de la Nature (El Agbani & Dakki, 2005 ; Borrow & Demey, 2008 ; Yaokokoré-Béibro, 2010).

Les oiseaux des zones humides sont des indicateurs biologiques, qui fournissent des informations essentielles sur l'état de conservation de ces environnements (Kumar & Gupta, 2009). Cependant, ces écosystèmes à fort potentiel écologique et de conservation sont menacés de disparition du fait des activités anthropiques avec pour corollaire la perte de la biodiversité (Ahmad & Bhat, 2017 ; Patel & Raval, 2019). Cette situation est amplifiée par l'agriculture en raison de la productivité de ces milieux (Platel & Ravel, 2019 ; N'Goran *et al.*, 2022).

Le nord de la Côte d'Ivoire abrite divers barrages dont certains sont à vocation agro-pastorale. Seul le barrage urbain de Koko de Korhogo a été l'objet d'études ornithologiques (Niamien *et al.*, 2019 ; Niamien *et al.*, 2020). Pourtant la gestion durable des écosystèmes passe par la connaissance des communautés qui les composent, les spécificités d'habitats, les variations d'effectifs et les menaces (Conservation International, 2001). Pour pallier ce manque d'informations, la présente étude a été initiée sur le lac de barrage de Sologo. Elle est une contribution à une meilleure connaissance de la bio-écologie des oiseaux des zones humides du nord de la Côte d'Ivoire afin d'en assurer une gestion durable. Elle vise spécifiquement à inventorier les oiseaux du lac de barrage de Sologo et à caractériser le peuplement.

Matériel et méthodes

Site d'étude

L'étude s'est effectuée sur le lac de barrage de Sologo dans la sous-préfecture de Tioniaradougou (9° 20' de latitude Nord et 5° 29' de longitude Ouest) situé dans le département de Korhogo (Figure 1).

Ce lac de barrage et ses environs comprennent différents milieux que sont l'eau, la berge, la prairie et la savane arborée. Diverses cultures sont réalisées dans la prairie à savoir les cultures de *Nicotiana tabacum* L.

(Solanaceae), de *Brassica oleraceae* L. (Brassicaceae) en saison sèche ; de *Zea mays* L. (Poaceae) et de *Oryza sativa* L. (Poaceae) en saison des pluies.

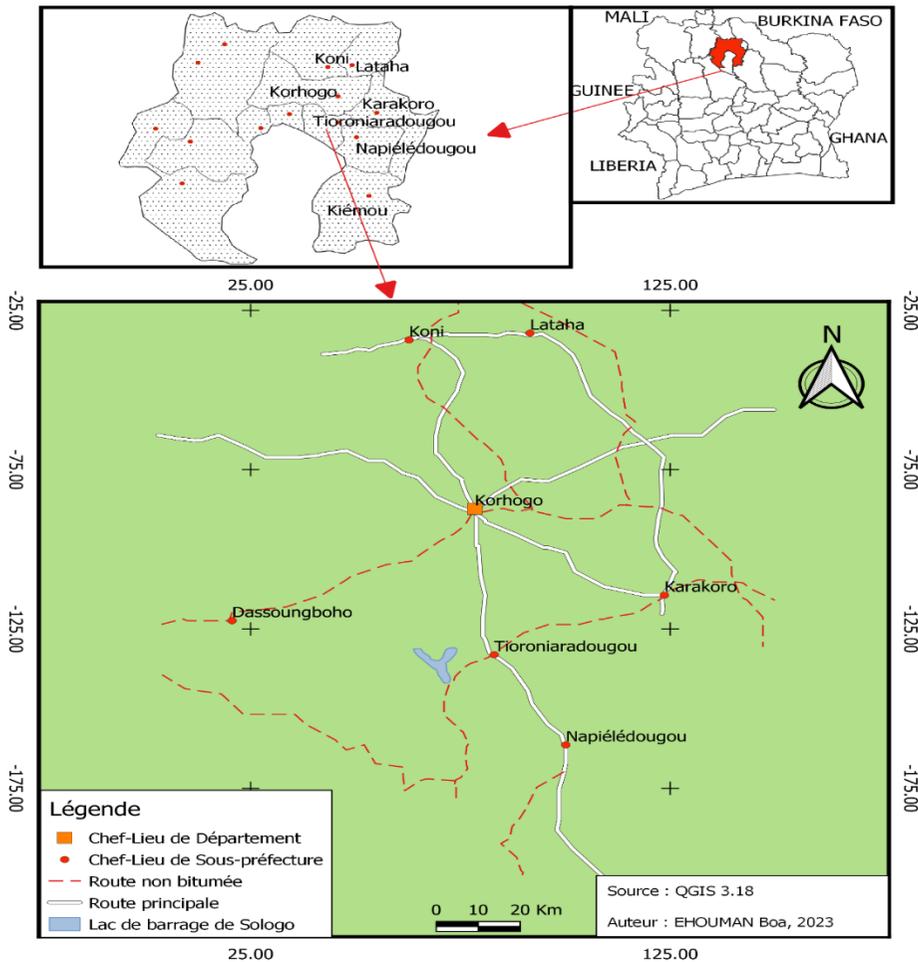


Figure 1. Localisation du lac de barrage de Sologo

En outre, différentes espèces d'arbres forment la savane arborée. Ce sont *Anacardium occidentale* L. (Anacardiaceae), *Tectona grandis* L.f. (Verbenaceae), *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae) et *Albizia julibrissin* D. (Fabaceae). Par ailleurs, sur le lac de barrage se déroulent des activités de pêche.

Le climat du département de Korhogo est de type soudanais à deux saisons : une saison sèche (de novembre à mars) et une saison des pluies (d'avril à octobre) (Boko-Koiadja *et al.*, 2016).

Collecte de données

Les données ont été collectées de janvier 2022 à décembre 2022 par la méthode des transects linéaires ponctuée par des arrêts de 15 minutes (Oudouké *et al.*, 2014 ; Yaokokoré-Béibro *et al.*, 2015 ; Niamien *et al.*, 2019). Quatre inventaires mensuels ont été réalisés de 06 h 30 à 11 h 00 et de 14 h 00 à 18 h 00, tranches horaires qui correspondent à des périodes de fortes activités des oiseaux (Yaokokoré-Béibro, 2001 ; Oudouké *et al.*, 2014 ; Yaokokoré-Béibro *et al.*, 2015 a, b). Un total de 48 sessions d'inventaires a été effectué. Pour ce faire, nous avons marché le long du contour du lac de barrage et noté tous les oiseaux vus, posés ou au vol dans un rayon de 50 mètres de la berge (Niamien *et al.*, 2019). Les oiseaux ont été observés aux jumelles et identifiés à l'aide des guides d'identification des oiseaux de l'Afrique de l'Ouest (Borrow & Demey, 2001, 2008), puis dénombrés. Par ailleurs, les chants et cris des espèces d'oiseaux inconnues, ont été enregistrés avec un dictaphone et reconnus grâce au CD-Rom des chants et cris des oiseaux d'Afrique (Chapuis, 2000).

La liste des espèces est conforme à l'ordre phylogénétique de l'IOC World Bird List (Gill *et al.*, 2023). Le statut biogéographique est selon Borrow & Demey (2001), l'habitat préférentiel suivant Yaokokoré-Béibro (2001) et le statut de conservation selon l'UICN (2023).

Expression des données

Les abondances des espèces obtenues sur la base des effectifs maximums issus des 48 visites d'inventaires ont permis de calculer leur fréquences relatives (Fr). Les catégories suivantes ont été définies (Thiollay, 1986) : espèce dominante (D), lorsque $Fr \geq 5\%$; espèce régulière (Re), lorsque $1\% < Fr \leq 5\%$; espèce rare (Ra), lorsque $0,2\% < Fr \leq 1\%$ et espèce accidentelle (Ac) lorsque $Fr \leq 0,2\%$; avec $Fr = (ni/N) \times 100$, où ni : somme de tous les contacts avec l'espèce i et N : somme des contacts avec toutes les espèces observées.

Analyse statistique

Le test non-paramétrique de Khi-deux a été utilisé pour comparer et classer les proportions des statuts biogéographiques et des habitats préférentiels des oiseaux dans des groupes homogènes. Ces analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel *Statistica* version 7.1.

Résultats

Composition spécifique globale

Les inventaires des oiseaux réalisés de janvier 2022 à décembre 2022 sur le lac de barrage de Sologo et ses environs ont permis d'identifier 120 espèces appartenant à 46 familles et regroupées en 17 ordres (**Tableau 1**).

Globalement, l'ordre des Passeriformes est le plus important avec 51 espèces (42,50%) alors que les autres ordres sont de moindre importance (S=1-10 espèces : 0,83%-8,33%) (Tableau 1).

S'agissant des familles, les familles des Ardeidae et des Accipitridae sont les mieux représentées avec respectivement neuf (9) et 10 espèces (7,50 %-8,33%). Dans le reste des familles, le nombre d'espèces varie d'une (1) à sept (7) (0,83%-5,83%) (Tableau 1).

Tableau 1. Bilan des espèces d'oiseaux observées sur le lac de barrage de Sologo et ses environs de janvier 2022 à décembre 2022

(SB : statut biogéographique, HP : habitat préférentiel, SC : statut de conservation, Fr : fréquence relative, IA : indice d'abondance ; D : dominante, Re : régulière, Ra : rare, Ac : accidentelle ; R : résident, M : migrateur intra-africain, P : migrateur du paléarctique, E : zone humide, f. : milieu ouvert, F : forêt secondaire, LC : préoccupation mineure, NT : quasi-menacée)

Ordres/Familles/Espèces	S	B	HP	SC	Effectifs maximums	Fr (%)	IA
ANSERIFORMES					415		
Anatidae					415		
<i>Dendrocygna viduata</i> (Linné, 1766)	R		E	LC	410	28	D
<i>Plectropterus gambensis</i> (Linné, 1766)	R		E	LC	5	0,34	Ra
GALLIFORMES					13		
Odontophoridae					10		
<i>Ptilopachus petrosus</i> (Gmelin, 1789)	R		f.	LC	10	0,68	Ra
Phasianidae					3		
<i>Francolinus bicalcaratus</i> (Linné, 1766)	R		f.	LC	3	0,2	Ra
APODIFORMES					25		
Apodidae					25		
<i>Cypsiurus parvus</i> (Lichtenstein, 1823)	R		f.	LC	8	0,55	Ra
<i>Apus affinis</i> (J. E. Gray, 1830)	R		f.	LC	17	1,16	Re
MUSOPHAGIFORMES					32		
Musophagidae					32		
<i>Crinifer piscator</i> (Boddaert, 1783)	R		f.	LC	15	1,02	Re
<i>Musophaga violacea</i> Isert, 1788	R		f.	LC	17	1,16	Re
CUCULIFORMES					19		
Cuculidae					19		
<i>Centropus senegalensis</i> (Linné, 1766)	R		f.	LC	5	0,34	Ra
<i>Clamator levaillantii</i> (Swainson, 1829)	M		f.	LC	2	0,14	Ac
<i>Chrysococcyx caprius</i> (Boddaert, 1783)	M		f.	LC	5	0,34	Ra
<i>Chrysococcyx klaas</i> (Stephens, 1815)	R		f.	LC	2	0,14	Ac
<i>Cercococcyx mechowi</i> Cabanis, 1882	R		F	LC	2	0,14	Ac
<i>Cuculus solitarius</i> Stephens, 1815	M		F	LC	1	0,07	Ac
<i>Cuculus gularis</i> Stephens, 1815	M		f.	LC	2	0,14	Ac

COLUMBIFORMES				59		
Columbidae				59		
<i>Columba guinea</i> Linné, 1758	R	f.	LC	15	1,02	Re
<i>Streptopelia semitorquata</i> (Ruppell, 1837)	R	f.	LC	8	0,55	Ra
<i>Streptopelia vinacea</i> (Gmelin, 1789)	R	f.	LC	11	0,75	Ra
<i>Spilopelia senegalensis</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	7	0,48	Ra
<i>Turtur abyssinicus</i> (Sharpe, 1902)	R	f.	LC	13	0,88	Ra
<i>Turtur tympanistria</i> (Temminck, 1809)	R	F	LC	4	0,27	Ra
<i>Treron calvus</i> (Temminck, 1808)	R	F	LC	1	0,07	Ac

Ordres/Familles/Espèces	S	B	HP	SC	Effectifs maximums	Fr (%)	IA
GRUIFORMES					3		
Rallidae					3		
<i>Amaurornis flavirostra</i> (Swainson, 1837)	R	E	LC		3	0,2	Ac
CHARADRIIFORMES					261		
Burhinidae					78		
<i>Burhinus senegalensis</i> (Swainson, 1837)	R	E	LC		45	3,07	Re
<i>Burhinus vermiculatus</i> (Cabanis, 1868)	R	E	LC		33	2,25	Re
Charadriidae					135		
<i>Vanellus spinosus</i> (Linné, 1758)	R	E	LC		102	6,97	D
<i>Vanellus senegallus</i> (Linné, 1766)	M	E	LC		28	1,91	Re
<i>Charadrius hiaticula</i> Linné, 1758	P	E	LC		5	0,34	Ra
Rostratulidae					2		
<i>Rostratula benghalensis</i> (Linné, 1758)	M	E	LC		2	0,14	Ac
Jacaniidae					28		
<i>Actophilornis africanus</i> (J. F. Gmelin, 1789)	R	E	LC		28	1,91	Re
Scolopacidae					18		
<i>Actitis hypoleucos</i> Linné, 1758	P	E	LC		14	0,96	Ra
<i>Tringa ochropus</i> Linné, 1758	P	E	LC		3	0,2	Ra
<i>Tringa nebularia</i> (Gunnerus, 1767)	P	E	LC		1	0,07	Ac
SULIFORMES					21		
Phalacrocoracidae					21		
<i>Microcarbo africanus</i> (J. F. Gmelin, 1789)	R	E	LC		21	1,43	Re
PELECANIFORMES					97		
Ardeidae					91		
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linné, 1758)	P	E	LC		1	0,07	Ac
<i>Butorides striata</i> (Linné, 1758)	R	E	LC		16	1,09	Re
<i>Ardeola ralloides</i> (Scopoli, 1769)	M	E	LC		2	0,14	Ac

<i>Bubulcus ibis</i> (Linné, 1758)	R	E	LC	55	3,76	Re
<i>Ardea cinerea</i> Linné, 1758	P	E	LC	2	0,14	Ac
<i>Ardea melanocephala</i> Vigors & Children, 1826	M	E	LC	4	0,27	Ra
<i>Ardea purpurea</i> Linné, 1766	P	E	LC	1	0,07	Ac
<i>Ardea intermedia</i> (Wagler, 1829)	M	E	LC	1	0,07	Ac
<i>Egretta garzetta</i> (Linné, 1766)	M	E	LC	9	0,61	Ra
Scopidae				6		
<i>Scopus umbretta</i> J. F. Gmelin, 1789	R	E	LC	6	0,41	Ra

Ordres/Familles/Espèces	S	B	HP	SC	Effectifs maximums	Fr (%)	IA
ACCIPITRIFORMES					55		
Accipitridae					55		
<i>Elanus caeruleus</i> (Desfontaines, 1789)	R	f.	LC	1	0,07	Ac	
<i>Polyboroides typus</i> Smith, 1829	R	F	LC	2	0,14	Ac	
<i>Kaupifalco monogrammicus</i> (Temminck, 1824)	R	f.	LC	10	0,68	Ra	
<i>Micronisus gabar</i> (Daudin, 1800)	R	f.	LC	2	0,14	Ac	
<i>Melierax metabates</i> Heuglin, 1861	R	f.	LC	2	0,14	Ac	
<i>Accipiter tachiro</i> (Daudin, 1800)	R	F	LC	1	0,07	Ac	
<i>Accipiter ovampensis</i> Gurney, 1875	M	F	LC	1	0,07	Ac	
<i>Circus aeruginosus</i> (Linné, 1758)	P	f.	LC	1	0,07	Ac	
<i>Milvus migrans</i> (Boddaert, 1783)	M	f.	LC	34	2,32	Re	
<i>Buteo buteo</i> (Linné, 1758)	P	F	LC	1	0,07	Ac	
BUCEROTIFORMES					30		
Bucerotidae					30		
<i>Tockus erythrorhynchus</i> (Temminck, 1823)	R	f.	LC	1	0,07	Ac	
<i>Lophoceros fasciatus</i> (Shaw, 1812)	R	F	LC	7	0,48	Ra	
<i>Lophoceros nasutus</i> (Linnaeus, 1766)	R	f.	LC	22	1,5	Re	
CORACIIFORMES					18		
Coraciidae					2		
<i>Coracias naevius</i> Daudin, 1800	M	f.	LC	1	0,07	Ac	
<i>Coracias cyanogaster</i> Cuvier, 1816	R	f.	LC	1	0,07	Ac	
Alcedinidae					16		
<i>Halcyon malimbica</i> (Shaw, 1811)	R	F	LC	2	0,14	Ac	
<i>Halcyon senegalensis</i> (Linné, 1766)	M	f.	LC	6	0,41	Ra	
<i>Ispidina picta</i> (Boddaert, 1783)	M	f.	LC	1	0,07	Ac	
<i>Corythornis cristatus</i> Pallas, 1764	R	f.	LC	5	0,34	Ra	
<i>Megaceryle maxima</i> (Pallas, 1769)	R	E	LC	2	0,14	Ac	

PICIFORMES				1		
Lybiidae				1		
<i>Pogoniulus chrysoconus</i> (Temminck, 1832)	R	f.	LC	1	0,07	Ac
FALCONIFORMES				3		
Falconidae				3		
<i>Falco vespertinus</i> Linné, 1766	P	f.	NT	1	0,07	Ac
<i>Falco cuvierii</i> A. Smith, 1830	R	f.	LC	1	0,07	Ac
<i>Falco peregrinus</i> TunStall, 1771	P	f.	LC	1	0,07	Ac
PSITTACIFORMES				12		
Psittacidae				12		
<i>Poicephalus senegalus</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	12	0,82	Ra
PASSERIFORMES				400		
Platysteiridae				5		
<i>Platysteira cyanea</i> (Muller, 1776)	R	f.	LC	5	0,34	Ra

Ordres/Familles/Espèces	S	B	HP	SC	Effectifs maximums	Fr (%)	IA
Malaconotidae					22		
<i>Tchagra senegalus</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC		9	0,61	Ra
<i>Dryoscopus gambensis</i> (Lichtenstein, 1823)	R	F	LC		2	0,14	Ac
<i>Laniarius barbarus</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC		11	0,75	Ra
Vangidae					2		
<i>Prionops plumatus</i> (Shaw, 1809)	R	f.	LC		2	0,14	Ac
Dicruridae					5		
<i>Dicrurus adsimilis</i> (Bechstein, 1794)	R	F	LC		5	0,34	Ra
Monarchidae					2		
<i>Terpsiphone rufiventer</i> (Swainson, 1837)	R	F	LC		2	0,14	Ra
Laniidae					10		
<i>Lanius corvinus</i> (Shaw, 1809)	R	f.	LC		10	0,68	Ra
Corvidae					30		
<i>Ptilostomus afer</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC		14	0,96	Ra
<i>Corvus albus</i> Muller, 1776	R	f.	LC		16	1,09	Re
Stenostiridae					1		
<i>Elminia longicauda</i> (Swainson, 1838)	R	F	LC		1	0,07	Ac
Alaudidae					2		
<i>Galerida modesta</i> Heuglin, 1864	R	f.	LC		2	0,14	Ac
Pycnonotidae					31		
<i>Atimastillas flavicollis</i> (Swainson, 1837)	R	F	LC		4	0,27	Ra

<i>Thescelocichla leucopleura</i> (Cassin, 1855)	R	F	LC	4	0,27	Ra
<i>Phyllastrephus scandens</i> Swainson, 1837	R	F	LC	2	0,14	Ac
<i>Pycnonotus barbatus</i> (Desfontaines, 1789)	R	f.	LC	21	1,43	Re
Hirundinidae				26		
<i>Hirundo smithii</i> Leach, 1818	R	E	LC	2	0,14	Ac
<i>Hirundo lucida</i> Hartlaub, 1858	R	f.	LC	24	1,64	Re
Cisticolidae				21		
<i>Cisticola cantans</i> (Heuglin, 1869)	R	f.	LC	6	0,41	Ra
<i>Cisticola galactotes</i> (Temminck, 1821)	R	f.	LC	8	0,55	Ra
<i>Prinia subflava</i> (J. F. Gmelin, 1789)	R	f.	LC	1	0,07	Ac
<i>Hypergerus atriceps</i> (Lesson, 1831)	R	F	LC	4	0,27	Ra
<i>Camaroptera brachyura</i> (Vieillot, 1820)	R	f.	LC	2	0,14	Ac
Leiothrichidae				14		
<i>Turdoides plebejus</i> (Cretzschmar, 1828)	R	f.	LC	8	0,54	Ra
<i>Turdoides reinwardtii</i> (Swainson, 1831)	R	f.	LC	6	0,41	Ra

Ordres/Familles/Espèces	S	B	HP	SC	Effectifs maximums	Fr (%)	IA
Sturnidae					44		
<i>Hylopsar cupreocauda</i> (Hartlaub, 1857)	R	F	NT		4	0,27	Ra
<i>Lamprotornis chalybaeus</i> Ehrenberg, 1828	R	f.	LC		3	0,2	Ra
<i>Lamprotornis chloropterus</i> Swainson, 1838	R	f.	LC		1	0,07	Ac
<i>Lamprotornis purpureus</i> (Muller, 1776)	R	f.	LC		33	2,25	Re
<i>Lamprotornis caudatus</i> (Muller, 1776)	R	f.	LC		3	0,2	Ra
Turdidae					6		
<i>Turdus pelios</i> Bonaparte, 1850	R	f.	LC		6	0,41	Ra
Muscicapidae					8		
<i>Melaenornis edolioides</i> (Swainson, 1837)	R	F	LC		2	0,14	Ac
<i>Cossypha albicapillus</i> (Vieillot, 1818)	R	f.	LC		6	0,41	Ra
Nectariniidae					15		
<i>Anabathmis reichenbachii</i> Hartlaub, 1857	R	f.	LC		2	0,14	Ac

<i>Chalcomitra senegalensis</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	9	0,61	Ra
<i>Cinnyris coccinigastrus</i> (Latham, 1802)	R	f.	LC	2	0,14	Ac
<i>Cinnyris cupreus</i> (Shaw, 1812)	R	f.	LC	2	0,14	Ac
Passeridae				6		
<i>Passer griseus</i> (Vieillot, 1817)	R	f.	LC	6	0,41	Ra
Ploceidae				66		
<i>Ploceus heuglini</i> Reichenow, 1886	R	f.	LC	7	0,48	Ra
<i>Ploceus cucullatus</i> (Muller, 1776)	R	f.	LC	40	2,73	Re
<i>Euplectes afer</i> (Gmelin, 1789)	R	f.	LC	2	0,14	Ac
<i>Euplectes hordeaceus</i> (Linné, 1758)	R	f.	LC	2	0,14	Ac
<i>Euplectes franciscanus</i> (Isert, 1789)	R	f.	LC	15	1,02	Re
Estrildidae				72		
<i>Spermestes cucullata</i> (Swainson, 1837)	R	f.	LC	28	1,92	Re
<i>Glaucostriola caerulea</i> (Vieillot, 1817)	R	f.	LC	3	0,2	Ra
<i>Uraeginthus bengalus</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	16	1,09	Re
<i>Lagonosticta senegala</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	25	1,72	Re
Viduidae				5		
<i>Vidua chalybeata</i> (Muller, 1776)	R	f.	LC	1	0,07	Ac
<i>Vidua macroura</i> (Pallas, 1764)	R	f.	LC	4	0,27	Ra
Motacillidae				3		
<i>Anthus leucophrys</i> Vieillot, 1818	R	f.	LC	3	0,2	Ra
Fringillidae				4		
<i>Crithagra mozambica</i> (Statius Muller, 1776)	R	f.	LC	4	0,27	Ra
Total				1 464	100	

Structure qualitative globale

Au niveau du statut biogéographique, le peuplement est dominé par les espèces résidentes avec 94 espèces (78,33%). Les autres statuts biogéographiques sont faiblement représentés. Ce sont respectivement les migrateurs intra-africains (S = 15 espèces : 12,50 %) et les migrateurs du paléarctique (S = 11 espèces : 9,17%) (**Tableau 1**).

S'agissant des habitats préférentiels, les oiseaux des milieux ouverts sont prépondérants (S=74 espèces : 61,67%). Puis, suivent les oiseaux d'eau (S=26 espèces : 21,67%) et les oiseaux des milieux forestiers (S=20 espèces : 16,66%) (**Tableau 1**).

Concernant les statuts de conservation, deux espèces sont quasi-menacées. Il s'agit de *Falco vespertinus* et de *Hylopsar cupreocauda* (**Tableau 1**).

Abondance globale

Un effectif maximum global de 1 464 oiseaux a été dénombré au cours de la période d'étude.

S'agissant des statuts biogéographiques, le test non-paramétrique de Khi-deux révèle que les proportions des espèces résidentes sont respectivement plus abondantes que celles des espèces migratrices intra-africaines (ddl=1 ; $\chi^2= 141,18$; $p < 0,0001$) et des espèces migratrices du paléarctique (ddl=1 ; $\chi^2= 159,2$; $p < 0,0001$). Cependant, les proportions des abondances des espèces migratrices intra-africaines et celles des espèces migratrices du paléarctique ne diffèrent pas significativement (ddl=1 ; $\chi^2= 2,91$; $p > 0,05$) (**Figure 2**).

Concernant les habitats préférentiels, les proportions des abondances des espèces des oiseaux d'eau diffèrent significativement de celles des espèces des milieux ouverts (ddl=1 ; $\chi^2= 3,38$; $p < 0,05$) et de celles des espèces forestières (ddl=1 ; $\chi^2= 63,53$; $p < 0,0001$). En outre, les abondances des espèces des milieux ouverts sont supérieures à celles des espèces forestières (ddl=1 ; $\chi^2= 40,77$; $p < 0,0001$) (**Figure 3**).

Sur la base des fréquences relatives (**Tableau 1**), les espèces dominantes (Fr ≥ 5 %) sont *Dendrocygna viduata* (N=410 ; Fr= 28 %) et *Vanellus spinosus* (N=102 ; Fr= 6,97%). Parmi elles, *Dendrocygna viduata* est l'espèce la plus abondante. Les autres espèces se répartissent en espèces régulières, rares et accidentelles (**Tableau 1**).

Discussion

Les inventaires préliminaires des oiseaux du lac de barrage de Sologo et de ses environs ont permis d'identifier 120 espèces. Cette forte richesse spécifique serait liée à l'hétérogénéité des habitats (Eau, berge, surface vasière, verger de mangue et anacarde, cultures maraichères, prairie) et à la diversité des ressources alimentaires qu'offrirait ce site. En effet, l'hétérogénéité des habitats ainsi que la diversité et l'abondance des ressources alimentaires créent des conditions favorables à l'installation d'un grand nombre d'espèces d'oiseaux (Ahmad & Bhat, 2017 ; Niamien *et al.*, 2019 ; Platel & Ravel, 2019 ; Konan *et al.*, 2021 ; N'Goran *et al.*, 2022 ; Konan *et al.*, 2023). Ce nombre est inférieur aux 218 espèces inventoriées dans la zone humide de Grand-Bassam (Oudouké *et al.*, 2014) mais proche des 122 espèces observées sur les lacs urbains de Yamoussoukro (Konan *et al.*, 2014). Cependant, le nombre d'espèces inventoriées dans le cadre de cette étude est supérieur aux 73 espèces d'oiseaux recensées dans la zone marécageuse de la Djibi à Abidjan (Yaokokoré-Béibro *et al.*, 2015 a) et aux 63 espèces du lac de barrage urbain de Koko (Niamien *et al.*, 2019).

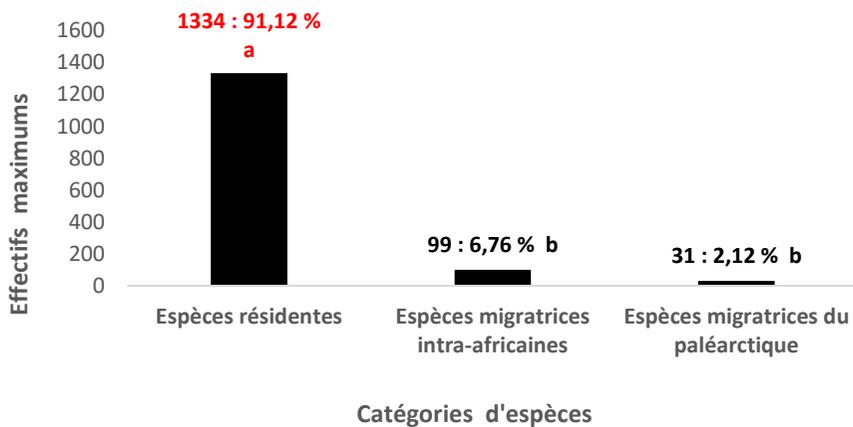


Figure 2 : Caractérisation quantitative du peuplement sur la base du statut biogéographique des espèces d'oiseaux du lac de barrage de Sologo de janvier 2022 à décembre 2022 (a : forte abondance et b : faible abondance).

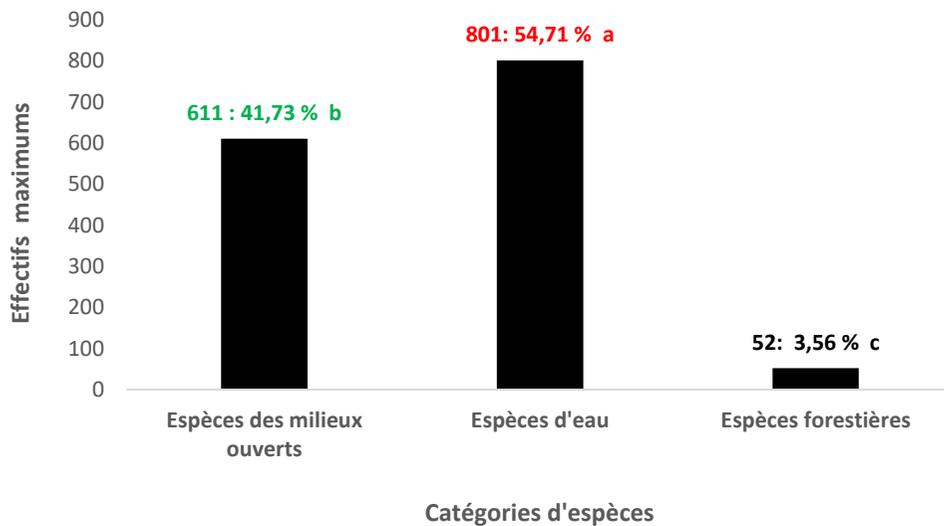


Figure 3.Caractérisation quantitative du peuplement sur la base de l'habitat préférentiel des espèces d'oiseaux du lac de barrage de Sologo de janvier 2022 à décembre 2022 (a : forte abondance, b : abondance moyenne et c : faible abondance).

Cette différence pourrait être liée à la superficie et aux pressions anthropiques. En effet, la zone humide de Grand-Bassam d'importance internationale a une superficie plus grande. Les résultats identiques et les faibles richesses spécifiques pourraient s'expliquer par les pressions anthropiques sur les 10 lacs urbains de Yamoussoukro, la zone marécageuse de la Djibi et le lac de barrage urbain de Koko, qui ont eu pour corollaire la perte de la diversité avifaunique (Ahmad & Bhat, 2017 ; Hervé *et al.*, 2020 ; N'Goran *et al.*, 2022).

Les familles des Accipitridae et des Ardeidae ont été les mieux représentées. S'agissant des Ardeidae, cela s'expliquerait par le fait que nos travaux se sont déroulés en zone humide, milieu dans lequel les espèces de cette famille (échassiers), essentiellement piscivores, tirent l'essentiel de leur nourriture. Nos résultats sont similaires aux travaux menés en Côte d'Ivoire dans la zone humide de Grand-Bassam, dans la zone marécageuse de la Djibi à Abidjan et sur les lacs urbains de la ville de Yamoussoukro (Yaokokoré-Béibro *et al.*, 2010 ; Konan *et al.*, 2014; Yaokokoré-Béibro *et al.*, 2015 b). En plus des Ardeidae, Odoukpé *et al.* (2014) ont également relevé que la famille des Accipitridae était également la plus diversifiée.

La structure du peuplement en fonction de l'habitat préférentiel a fait ressortir que les espèces d'oiseaux des milieux ouverts ont été les mieux représentés. La forte présence d'oiseaux des milieux ouverts pourrait être due au fait que notre site d'étude est un milieu ouvert ce qui favoriserait les conditions d'adaptation et de vie desdites espèces. Cette même observation a

été faite dans le Parc National du Banco de la ville d'Abidjan et sur le lac de barrage de Koko à Korhogo (Kouadio *et al.*, 2014 ; Niamien *et al.*, 2019). Par ailleurs, cette dominance d'espèces des milieux ouverts serait liée à une anthropisation poussée du site d'étude (Konan *et al.*, 2021).

Du point de vue de leur statut biogéographique, la structure du peuplement est dominée par les espèces résidentes. Pour Yaokokoré-Béibro *et al.* (2015b), ce constat pourrait est dû au fait que les espèces résidentes se sont adaptées aux différentes niches écologiques.

Dendrocygna viduata a été l'espèce la plus abondante. Cette forte abondance pourrait être liée à son éthologie. En effet, en dehors des périodes de reproduction en saison sèche, cette espèce forme de grands groupes. En outre, cette population de grande taille serait maintenue par la disponibilité des ressources alimentaires (Platel & Ravel, 2019 ; Konan *et al.*, 2021 ; N'Goran *et al.*, 2022 ; Konan *et al.*, 2023). Cette même observation a été faite sur les lacs de Yamoussoukro (Konan & Yaokokoré-Béibro, 2015) et de Buyo (N'Goran *et al.*, 2022).

Conclusion

L'étude préliminaire de la communauté des oiseaux du lac de barrage de Sologo dans le département de Korhogo a permis d'identifier 120 espèces appartenant à 46 familles et regroupées en 17 ordres. L'ordre des Passeriformes ainsi que les familles des Accipitridae et des Ardeidae ont été les mieux représentés. Le peuplement a été dominé par les espèces résidentes et les espèces des milieux ouverts. Deux espèces quasi-menacées d'intérêt pour la conservation ont été inventoriées : *Falco vespertinus* et *Hylopsar cupreocauda*. Les espèces dominantes dans le peuplement ont été *Dendrocygna viduata* et *Vanellus spinosus*. Ces premières données ont mis en évidence l'intérêt de ce site pour la conservation des oiseaux du fait de la diversité des oiseaux inventoriés et de la présence de deux espèces quasi-menacées. Des études complémentaires mériteraient d'être faites en termes de distribution spatio-temporelles et de menaces afin de dégager des implications pour la conservation.

Conflits d'intérêts : Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

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. Ahmad, M.A. & Bhat, I.A. (2017). Bird abundance of a flood plain wetland of Kashmir Himalayas. *International Journal of Zoology Studies*, 2, 10-13.
2. Boko-Koiadja, A., Gueladia, C., Brama, K. & Deby, S. (2016). Variabilité climatique et changement dans l'environnement à Korhogo en Côte d'Ivoire : Mythe ou Réalité. *European Scientific Journal*, 12 (5), 158-176. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n5p158>
3. Borrow, N. & Demey, R. (2001). Birds of western Africa. Christopher Helm, London, England, 832 p.
4. Borrow, N. & Demey, R. (2008). Guide des Oiseaux d'Afrique de l'Ouest. Delachaux et Niestlé, Paris, France, 508 p.
5. Chappuis, C. (2000). African Bird Sounds. Birds of North, West and Central Africa. Livrette et 15 CD. Société d'Etudes Ornithologiques de France : Paris, France.
6. Conservation International (2001). De la forêt à la mer : Les liens de la biodiversité de la Guinée au Togo. Conservation International, Washington, USA, pp. 13-30.
7. El Agbani, M.A. & Dakki, M. (2005). Importance ornithologique du complexe des zones humides de la région de Smir. *Travaux de l'Institut Scientifique*, 4, 61-64.
8. Gill, F., Donsker D. & Rasmussen P. (2023). IOC World Bird List (v13.2). doi : 10.14344/IOC.ML.13.2.
9. Hervé, D., Randriambanona, H., Ravonjimalal, H.R., Ramanankierana, H., Rasoanaivo, H. S., Boahanta, R. & Carrière S.M. (2020). Perceptions des fragments forestiers par les habitants des forêts tropicales humides malgaches. *Bois et forêts des tropiques*, 345, 43-62.
10. Konan, E.M., Yaokokoré-Béibro, K.H., Odoukpé, K.S.G. & Kouadja, K.E.S. (2014). Avifaune de la ville de Yamoussoukro, centre de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 10 (33), 63-75.
11. Konan, E.M. & Yaokokoré-Béibro, K.H. (2015). Variation temporelle du peuplement aviaire des écosystèmes lacustres de la ville de Yamoussoukro, centre de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (6), 2566-2581. DOI: 10.4314/ijbcs.v9i6.5

12. Konan, E.M., Guétondé, V.F., Niamien, C.J.M. & Yaokokoré-Béibro, K.H. (2021). Variation within the Bird Community of a Rehabilitated Urban Environment, Case of the Félix Houphouët-Boigny University Campus (Côte d'Ivoire). *Asian Journal of Applied Sciences*, 9(4), 275-284. DOI: <https://doi.org/10.24203/ajas.v9i4.6651>
13. Konan, E.M., Niamien, C.J.M., Guetonde, V.F., Approu S.O. & Yaokokore B.K.H. (2023). Données Préliminaires Sur les Oiseaux du Campus Universitaire Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, dans le Septentrion de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 19 (24), 161. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p161>
14. Kouadio, K.P., Yaokokoré-Béibro, K.H., Odoukpé, K.S.G., Konan, E.M. & Kouassi, K.P. (2014). Diversité avifaunique du Parc National du Banco, Sud-Est Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 120 (4), 384-398.
15. Kumar, P. & Gupta, S.K. (2009). Diversity and abundance of wetland birds around Kurukshetra, India. *Our Nature*, 7, 212-217.
16. N'Goran, A.P.N., Brou, K.M., Kouadio, P.K., Hilaire, K. & Yaokokoré-Béibro, H.K. (2022). Avifaune du lac de Buyo (Parc national de Taï, Sud-Ouest Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 176, 18255-18268. <https://doi.org/10.35759/JABs.176.5>
17. Niamien, C.J.M., Odoukpé, K.S.G., Koué, B.T.M., Yaokokoré-Béibro, K.H. & N'Goran, K.E. (2019). Premières données sur l'avifaune du barrage urbain de Koko (Korhogo, Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 43, 81-92.
18. Niamien, C.J.M., Konan, E.M., Kouadja, K.E.S., Yaokokoré-Béibro, K.H. & N'Goran, K. E. (2020). Spatial distribution of the community of birds of the Koko urban dam and its surroundings (Korhogo, Côte d'Ivoire). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 17(2), 80-93.
19. Odoukpé, K.S.G., Yaokokoré-Béibro, H.K., Kouadio, P.K. & Konan, M.E. (2014). Dynamique du peuplement des Oiseaux d'une riziculture et ses environs dans la zone humide d'importance internationale de Grand-Bassam. *Journal of Applied Biosciences*, 79, 6909-6925. DOI: 10.4314/jab.v79i0.6
20. Patole, V.M., Yeragi, S.G. & Yeragi, S.S. (2009). Biodiversity of microbenthic fauna at Mochamad estuary of Vengurla, South Konkan, Maharashtra. *Proceeding of the national level conference on impact of urbanization on lake ecosystem*, 1, 131-137.
21. Platel, R.K. & Ravel, J.V. (2019). Avian diversity at Parashnavada wetland, Gir-Sonnath District, Gujarat, India. *International Journal of*

- Environnement, Ecology, Family and Urban Studies*, 9, 95-104.
<https://doi.org/10.24247/ijeefusapr20199>
22. Thiollay, J.M. (1986). Structure comparée du peuplement avien des trois sites de forêt primaire en Guyane. *La terre et la vie*, 41, 59-105.
 23. UICN (2023). IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org.
 24. Yaokokoré-Béibro, K.H. (2001). Avifaune des forêts classées de l'Est de la Côte d'Ivoire : Données sur l'écologie des espèces et effet de la déforestation sur les peuplements. Cas des forêts classées de la Béki et de la Bossématié (Abengourou). Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 45-55pp.
 25. Yaokokoré-Béibro, K.H. (2010). Oiseaux du Parc National des Iles Ehotilé, sud-est Côte d'Ivoire. *Malimbus*, 32, 89-102.
 26. Yaokokoré-Béibro, K.H., Koné, Y.S. & Odouké, K.S.G. (2015 a). Avifaune d'un milieu marécageux urbain dans la commune de Cocody. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 18, 99-108.
 27. Yaokokoré-Béibro, K.H., Gueye, M.F., Koné, Y.S. & Odouké, K.S.G. (2015 b). Biodiversité urbaine des Oiseaux dans la Zone humide d'Importance Internationale de Grand-Bassam (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 11, 339-349.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Quantifying Street Tree Regulating Heat Effects Using a Generalized Linear Mixed Model Approach

Vignon Adelphe Rosos Djikpo, Ph.D

Oscar Teka, MC

Sandrine Abalo, Msc

Elodie Hozanhekpon, Msc

Ghislaine Noudehou, Msc

Prof. Brice Sinsin

University of Abomey-Calavi, Benin

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p36](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p36)

Submitted: 12 July 2023

Accepted: 16 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Djikpo V.A.R., Teka O., Abalo S., Hozanhekpon E., Noudehou G. & Sinsin B.(2023). *Quantifying Street Tree Regulating Heat Effects Using a Generalized Linear Mixed Model Approach.* European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 36.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p36>

Abstract

Climate change has emerged as a significant global environmental concern, prompting increased interest in utilizing trees as an alternative means to enhance human well-being and thermal comfort in urban settings. This study endeavors to assess the influence of street trees on the urban microclimate in tropical cities, employing a Generalized Linear Mixed Model (GLMM) approach. The investigation was conducted in Cotonou, Porto-Novo, and Ouidah within Benin. Data collection was conducted along thoroughfares, where a systematic inventory was performed to measure various characteristics of each street tree. Meteorological data, encompassing air temperature, relative humidity, and wind speed, were recorded at three different heights thrice an hour from 7 a.m. to 7 p.m. Subsequently, these datasets were analyzed using GLMMs. A total of 1127 street trees belonging to 20 species and 13 families were identified. The Shannon Diversity Index and Pielou Equitability values ranged from 2.33 to 2.92 bits and 0.17 to 0.64, respectively. The GLMM analysis revealed that the presence of trees, daytime, and height significantly influenced air temperature, relative humidity, and wind speed. Street trees on both sides of roadways induced an air temperature

decrease from -0.6°C to -1.4°C and an increase in relative humidity ranging from $+2.5\%$ to $+5.2\%$ between 11 am and 5 pm, as compared to other layouts. Furthermore, closed canopy patterns exhibited the most favorable outcomes, resulting in an air temperature decrease from -0.4°C to -1°C and an increase in relative humidity from $+2.4\%$ to $+5.5\%$ between 11 am and 5 pm.

Keywords: Climate change, Generalized Linear Mixed Model, heat effects mitigation, meteorological parameters, street tree

Introduction

Climate change has emerged as a significant global environmental challenge confronting humanity. Its manifestation in global warming has tangible effects on communities and public policymakers. Extensive scientific evidence from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) indicates that the primary cause of climate change is the release of greenhouse gases into the atmosphere due to human activities. Their projections suggest a temperature increase from 1.8°C for scenario Shared Socio-economic Pathway SSP1-2.6 (Representative Concentration Pathway RCP 2.6) to 4.8°C degrees Celsius for scenario SSP5-8.5 (RCP 8.5) by 2100 (IPCC, 2023). The Shared Socioeconomic Pathway (SSP) scenarios encompass a more extensive spectrum of potential greenhouse gas (GHG) and air pollutant outcomes in comparison to the Representative Concentration Pathway (RCP) scenarios. While bearing resemblances, they exhibit dissimilarities, manifesting divergent concentration trajectories for distinct GHGs. The implications include heightened frequency and intensity of meteorological phenomena like heavy rainfall, droughts, heatwaves, and threats to biodiversity, ecosystems, and human activities (IPCC, 2023). Such consequences significantly threaten sustainable development (Stern, 2007). In this context, Africa, without expeditious, profound, and consistent mitigation measures alongside intensified adaptation endeavors, losses and damages remains inevitable. This pertains to the projected adverse consequences as well (IPCC, 2023). In this report, the authors projected that with global warming of 1.5°C in African regions, heavy precipitation and flooding will be intensified (high confidence). As a result, urban heat islands, characterized by elevated temperature, reduced humidity, and altered wind and radiation conditions, will potentially be exacerbated. According to Litschke and Kuttler (2008), inadequate infrastructure, building design, limited vegetation cover, and human-induced pressures would further strengthen urban heat island effects. Additional factors contributing to climatic variations in cities include geographical location, scale factors, city size, density and configuration of urban structures, and the thermophysical properties of materials (Georgescu et al., 2015). Consequently, urban planners face the task of devising innovative strategies

to adapt to climate change and mitigate the adverse impacts of urban heat islands (Sénécal, 2007).

One promising approach to alleviate this situation in municipalities involves the implementation of amenity gardens and tree-lined avenues, which serve as crucial solutions for climate change adaptation and sustainable urban development (Pamukcu-Albers et al., 2021). Trees provide multiple benefits, including enhancing human well-being, and improving thermal comfort (Meyer et al., 2005; Arnson et al., 2012). The significance of green spaces, tree-lined avenues, lawns, public gardens, parks, and individual trees, in human life, is widely acknowledged. Trees offer soothing qualities, enhance the quality of the living environment, and provide ecological and landscape benefits (Andrade et al., 2020; Teixeira and Fernandes, 2020). They contribute to the aesthetics of the surroundings, offer shade and coolness, renew the oxygen content in the air, and regulate humidity levels (Parker and Zingoni de Baro, 2019; Spano et al., 2020).

Furthermore, trees actively remove CO₂, the predominant greenhouse gas, from the atmosphere through photosynthesis (Kenney et al., 2011). Despite these numerous contributions, urban centers continue to experience high temperatures. Increasing urban vegetation density has been shown to have a cooling effect, resulting in an average temperature reduction of approximately 1°C in urban parks across various climates (Bowler et al., 2010; Zhang et al., 2013). Several approaches have been explored to mitigate the potentially detrimental impacts of urban heat. For instance, Shashua-Bar et al. (2010) employed simulations and the analytical Green Cluster Thermal Time Constant (CTTC) model to analyze the influence of individual variables and their interaction with urban characteristics. Revelli and Porporato (2018) utilized a stochastic ecohydrological model to quantify ecosystem services such as tree cooling effects, soil carbon sequestration, and storm-water management at the scale of individual street trees. Segura et al. (2022) successfully implemented an urban canopy model (UCM) known as Building Effect Parameterization with Trees (BEP-Tree), which exhibited good agreement with empirical observations regarding temperature and radiation.

However, to investigate street tree variables in the country of Benin, located in sub-Saharan Africa, meteorological longitudinal data were collected. Despite the substantial efforts made by the country to enhance economic growth and reduce poverty, it remains highly susceptible to the impacts of climate change (Hallegatte, 2016). Urban areas, characterized by high population densities, economic activities, and built environments, face elevated risks associated with climate and weather hazards such as floods, heatwaves, and pollution, which are anticipated to worsen due to climate change (Harlan and Ruddell, 2011). It is crucial to note that many of these urban centers are situated in areas highly prone to adverse climate events

(Lankao, 2008). Consequently, this study aims to investigate the influence of street trees on the urban microclimate in the tropical municipalities of Cotonou, Porto-Novo, and Ouidah by employing a Mixed Generalized Linear Model Approach. The research seeks to achieve three objectives: (i) evaluate the biodiversity and dendrometric characteristics of street trees, (ii) assess the impact of street trees on microclimate moderation, and (iii) determine the most effective configurations of street tree layouts and canopy patterns to optimize the cooling effect.

Methods

Study area and field sites

The present study directs its attention to three specific cities, namely Ouidah, Cotonou, and Porto-Novo, which are situated in the southern region of Benin, encompassing a geographical area between 1° 50' and 2° 40' East longitude, and between 6° 20' and 6° 40' North latitude (Figure 1). This particular coastal area is characterized by a sub-equatorial climate, manifesting two distinct rainy seasons spanning from April to July and from October to November, accompanied by two dry seasons spanning from August to September and from December to March (Adam and Boko, 1993). The average annual precipitation recorded in this region ranges from 820 to 1300 mm, while the temperature varies between 31.5 to 33°C (Kingbo *et al.*, 2022). The urbanized landscapes of these cities exhibit a variety of vegetation types, including natural areas, roadside trees, residential trees, vegetation on undeveloped land, shrubs, and ground cover (Tohozin and Orekan, 2017, Agoungbome *et al.*, 2020). These ecological systems serve diverse purposes such as shading, air pollutants absorption, aesthetics, recreation and medicinal uses, economic benefit, and are actively utilized by the local communities (Djikpo *et al.*, 2023). As per the 2013 census conducted by INSAE, the population densities in Cotonou, Porto-Novo, and Ouidah were estimated at 8595 inhabitants per square kilometer, 2403 inhabitants per square kilometer, and 252 inhabitants per square kilometer, respectively. Economic activities within these urban centers primarily revolve around trade, urban agriculture, fishing, animal husbandry, and agricultural product processing (INSAE, 2013).

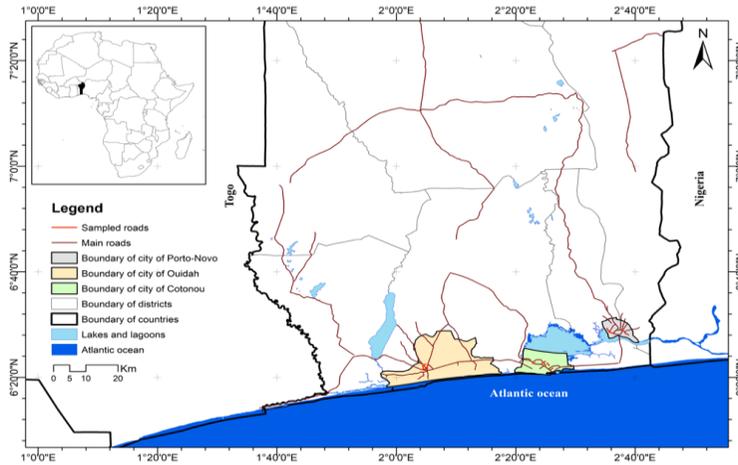


Figure 1. Study area

Data collection

The study collected data from three cities in Benin, namely Cotonou, Porto-Novo, and Ouidah. These cities were selected based on the presence of tree-lined plantations established during reforestation campaigns. These plantations have been in place for over a decade and consist of tree species capable of tolerating the impacts of urbanization. Thoroughfares within each city were chosen based on specific criteria, including the presence of trees, length, configuration, and pattern. In Ouidah, four thoroughfares were selected for sampling: Kpassè, Gbèna, Mairie, and RNIE1. Three thoroughfares were chosen in Porto-Novo: L'entente, Lagunaire, and Hôtel de ville. Similarly, three thoroughfares were sampled in Cotonou: Europe, Saint-Rita, and Ouémé. These thoroughfares represented distinct tree layouts and canopy patterns, as outlined in Table 1.

Table 1. Tree layouts and canopy patterns variables

Parameters	Variables		
Trees layouts (TL)	TL-A	TL-B	TL-C
			
	Street trees at the central median and on both sides of the roadway.	Street trees located on both sides of the roadway.	Street trees at the central median.
Tree canopy pattern (TCP)	TCP-A	TCP-B	TCP-C
TCP is defined throughout inter-canopy distance (ie. the distance between two successive canopies on the same alignment of street trees.			
	Trees are widely spaced out and the inter-canopy distance is either equal to or greater than 5 meters.	The spacing between trees is typically sparse, with inter-canopy distances ranging from 0 to 5 meters.	The canopy of the street trees is completely closed and the inter-canopy distance is equal to 0 meter.

In each street, precise measurements of trees and weather conditions were systematically recorded. A comprehensive inventory was conducted to obtain data on various aspects of each tree, such as the shape of its canopy, the pattern of shadows cast on the ground, the diameter of the canopy, and the diameter of the tree at breast height (dbh), which was measured using a measuring tape. Furthermore, the height of the trees was determined using a SUNNTO clinometer, and the tree species were identified by consulting a botanical identification key (Akoègninou *et al.*, 2006).

Additionally, meteorological data, including temperature, relative humidity, and wind speed, were collected at two specific locations: the roadside and the central median. The measurements were taken at three different heights (1.5m, 2m, and 3m) at one-hour intervals between 7 am and 6 pm every 14 days from November 1st to December 21st according to Teka *et al.* (2017a). Wind speed was measured using an anemometer model

HoldPeak HP-866B, while air temperature and relative humidity were recorded using a thermo-hygrometer.

Data Analysis

The assessment of street tree planting biodiversity involved the utilization of multiple metrics, namely species richness (S), Shannon's diversity index (H), Simpson's diversity index (D), and Pielou's equitability index (R). Furthermore, various dendrometric parameters were analyzed, including linear density (Ni), tree renewal rate (Tr), linear basal area (Gi), total basal area (Gt), quadratic diameter (Dg), shading index (Io), risk index or real fall index (IRr), and crown shape ratio (Ch).

Species richness (S) is the total number of species.

Shannon diversity index (H, in bits) varies between 0 and 5 (normally, the upper limit is $\log_2 S$).

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

p_i represents the ratio of the number of individuals in a particular species i , to the total number of individuals in all species combined. The value of p_i can be calculated by dividing the number of individuals in species i (n_i) by the total number of individuals in all species ($\sum n_i$).

$$p_i = n_i / \sum n_i \quad (2)$$

Pielou equitability (R) indicates the stability of the ecosystem and represents the ratio of the current diversity (H) to the theoretical maximum diversity (H_{max}) to be achieved by the plant community. It varies from 0 to 1. It is close to 0 when almost the entire forest stand is composed of a single species and it tends to 1 when each species is represented by approximately the same number of individuals.

$$R = H / H_{max} = H / \log_2 S \quad (3)$$

Average height (Hg) is the arithmetic average height of all trees dbh ≥ 10 cm. H_i is the height in meter of the trees i .

$$H_g = \sum H_i / n \quad (4)$$

Linear density (Ni, in trees/100m) is the average number of trees dbh ≥ 10 cm over distance of 100 m. nt is the total number of trees and dt , the total distance of the thoroughfare.

$$N_i = n_t \times 100 / d_t \quad (5)$$

Quadratic diameter (Dg , in cm) is the measure of average trees diameter using the following formula. n is the number of dbh ≥ 10 cm trees on the thoroughfare and d_i , the diameter of trees i .

$$Dg = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2} \quad (6)$$

Shading index (I_o , in %) quantifies the extent of shading provided by street tree planting. This metric is subject to variation based on the angle at which solar rays intersect with the trees and is primarily influenced by the total area covered by the tree canopies at ground level. A_i is the shading surface of a tree; $\sum A_i$ is the total shade area on the thoroughfare and A_t , is the total area of the thoroughfare.

$$I_o = \sum A_i \times 100 / A_t \quad (7)$$

Risk fall index (IRp , in %) expressed as a percentage, quantifies the risk of tree fall by evaluating the ratio of crooked trees or side branches posing a threat to the overall number of trees present on a given thoroughfare. The variables involved in this index are n_p , denoting the count of crooked trees or threatening side branches, and $\sum n_i$, representing the total number of trees found on the thoroughfare. By employing this index, the potential risk associated with tree falls can be assessed.

$$IR_p = n_p \times 100 / \sum n_i \quad (8)$$

Real fall index (IRr , in %) is the ratio of the number of annual falls (by accident or not) recorded by the total number of trees. n_c the number of annual falls recorded and $\sum n_i$, the total number trees.

$$IR_r = n_c \times 100 / \sum n_i \quad (9)$$

Crown shape ratio (Ch, in %)

It is the ratio of the number of individuals with normal tree branches form, in flag or degraded to the total number of individuals. $\sum n_i$ represents the total number of street trees planted on the thoroughfare.

$$\begin{aligned} C_{hnormal} &= n_{inormal} \times 100 / \sum n_i \\ C_{hflag} &= n_{i\,flag} \times 100 / \sum n_i \\ C_{hdegraded} &= n_{i\,degraded} \times 100 / \sum n_i \end{aligned} \quad (10)$$

The meteorological observations were subjected to analysis using a generalized linear mixed model (GLMM) in order to investigate the parameters of temperature, relative humidity, and wind speed. The choice of employing the GLMM approach was driven by the non-normal distribution exhibited by the data. The analysis was carried out using R version 4.0.5 (R Core Team, 2022).

Results

Biodiversity and characterization of street trees

An investigation was conducted to assess the botanical composition of street trees in the primary coastal cities of Benin. The findings revealed a total of 1127 plants belonging to 20 distinct species and 13 families, as presented in Table 2. Quantitative measures such as the Shannon Diversity Index and Pielou Equitability were computed, resulting in values ranging from 2.33 to 2.92 bits and 0.17 to 0.64, respectively. These findings indicate a relatively low diversity of tree species within the surveyed areas. Notably, the street tree populations in Cotonou, Porto-Novo, and Ouidah were predominantly composed of *K. senegalensis*, *T. mantaly*, and *T. catappa* species.

Table 2. Diversity and floristic wealth of street trees in Cotonou, Porto-Novo, and Ouidah

	Cotonou	Porto-Novo	Ouidah
Number of species	20	17	15
Number of genera	17	16	14
Number of families	11	13	12
Shannon's diversity index (H)	2,33	2,92	2,51
Pielou equitability (R)	0,17	0,21	0,64
Total number	532	377	218

The analysis of tree characteristics reveals varying 100-meter linear densities across different locations in Benin, as shown in Table 3. Porto-Novo exhibits a linear density of 3.33 trees, whereas Cotonou showcases a higher density of 8.75 trees. Furthermore, the average diameter of these trees ranges from 41.1 to 49.24 centimeters. The estimated average height of the trees falls within the range of 10.77 to 15.73 meters. Moreover, the shading index, which represents the degree of shade provided by the trees, ranges from 33.94% to 44.38%. In terms of the potential fall index, which assesses the likelihood of tree fall, estimates range from 13.30% to 28.90%. Regarding crown shape ratios, the normal shape accounts for approximately 71.17% to 90.83% of the trees, while the flag shape ranges from 8.26% to 22.65%. Lastly, the degraded shape represents a smaller portion, varying from 0.92% to 6.18% of the trees.

Table 3. Dendrometric and structural parameters

Dendrometric characteristics		Cotonou	Porto- Novo	Ouidah
Linear density (Ni in trees /100m)		8.71	3.33	6.75
Trees Recruitment rate (Tr in %)		4.50	11.90	0.00
Height (H in m)		15.73	11.66	10.77
Diameter (Dbh. in cm)		41.1	43.70	49.24
Quadratic diameter (Dg in cm)		43.4	50.36	159.24 ± 11.62
Shading index (I _o in %)		33.94	-	52.34
Risk fall index (IR _p , in %)		13.30	15.87	44.38
Real fall index (IR _r , en %)				28.90
				2.29
	C _h	85.81	71.17	90.83
normal Crown shape ratio (C _h in %)	C _h	12.46	22.65	8.26
flag	C _h	1.73	6.18	0.92
degraded				

Effects of street trees on local climate mitigation

Effect of the street tree on meteorological parameters within urban areas

The weather conditions observed during the designated study period, spanning from January to February 2020, exhibited typical characteristics of the summer season. As illustrated in Figure 2, the daytime air temperature ranged from 24 to 33°C, accompanied by a relative humidity of 62 to 87% and a wind speed of 0.6 to 1.8 m.s⁻¹. Notably, it was observed that throughout the daytime hours, the air temperature in Porto-Novo consistently surpassed that of Cotonou and Ouidah, as depicted in Figure 2a. Particularly between 11:00 a.m. and 3:00 p.m., the recorded air temperature in Porto Novo exceeded the values in the other two cities by a margin ranging from +0.7 to +1.8°C. Statistical analyses using the generalized linear mixed model (GLMM) revealed significant variations (p-value <0.0001) in air temperature, relative humidity, and wind speed data across the three specified cities. Additionally, these variations were found to be contingent upon the presence or absence of street trees, as indicated in Table 4.

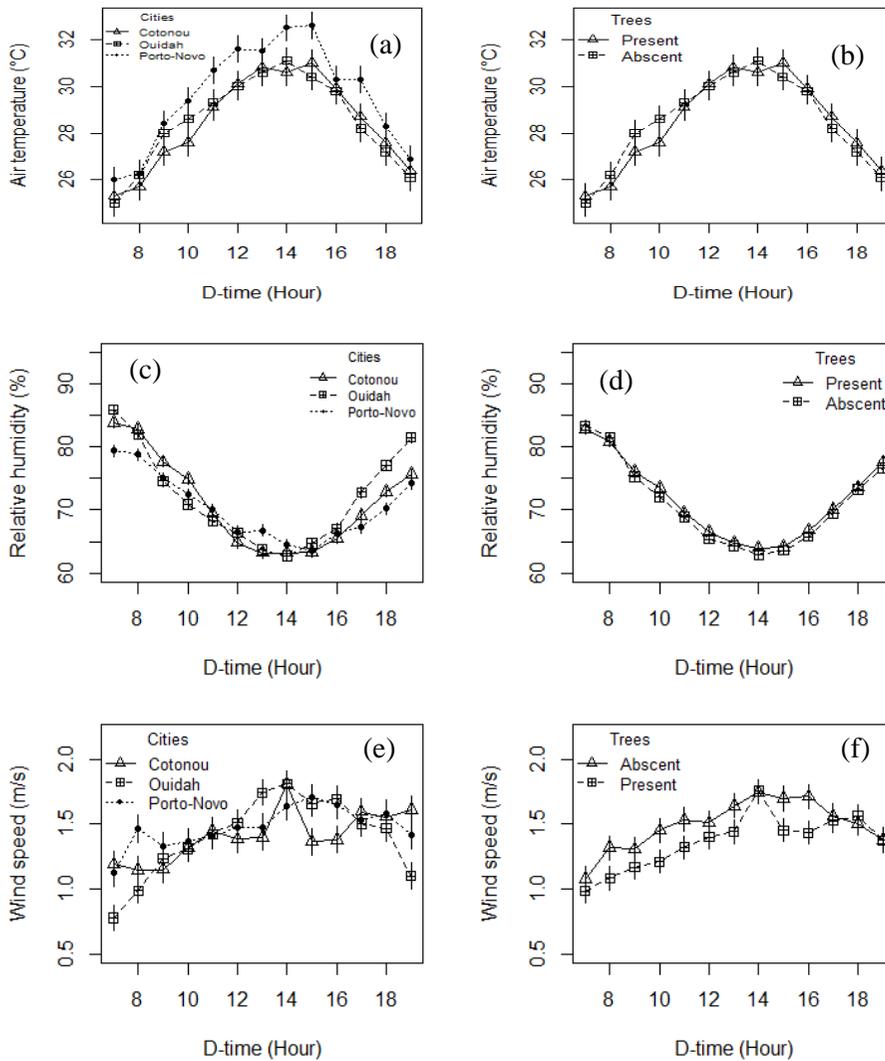


Figure 2. Diurnal Trends in air temperature, relative humidity, and wind speed belong to cities (a, c, e) and tree occurrence (b, d, f)

Table 4. Generalized linear model with mixed effects on meteorological data in the overall study area

	numDF	denDF	F-value	p-value
<i>A: on temperature</i>				
D-time	12	9397	850.18	<.0001***
Cities	2	9397	437.44	<.0001***
Trees	1	9397	21.35	<.0001***
D-time:Cities	24	9397	11.69	<.0001***
D-time:Trees	12	9397	2.82	0.0007**
Cities:Trees	2	9397	41.83	<.0001***
<i>B: on relative humidity</i>				
D-time	12	9397	806.29	<.0001***
Cities	2	9397	76.61	<.0001***
Trees	1	9397	18.76	<.0001***
D-time:Cities	24	9397	26.42	<.0001***
D-time:Trees	12	9397	1.63	0.0746
Cities:Trees	2	9397	112.69	<.0001***
<i>C: on wind speed</i>				
D-time	12	9397	17.69	<.0001***
Cities	2	9397	1.75	0.1728
Trees	1	9397	27.00	<.0001***
D-time:Cities	24	9397	3.35	<.0001***
D-time:Trees	12	9397	1.55	0.0984
Cities:Trees	2	9397	13.37	<.0001***

Df: Degree of freedom, p-value: Probability test, Significant codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1

Effect of the street tree on meteorological parameters in Ouidah

In Figure 3a, it can be observed that the temperature trend remains consistent regardless of height. However, the presence of trees in the city of Ouidah leads to a lower air temperature. For instance, at 12 pm, there is a decrease of 0.8°C as depicted in Figure 3b. Hence, street trees play a role in reducing the air temperature. The relative humidity, on the other hand, does not display any variation in trend for the three different heights analyzed in this study, as illustrated in Figure 3c. Nonetheless, the average relative humidity values are higher (+2.5% at 12 pm) in the presence of trees, regardless of the time of day, as shown in Figure 3d. The wind speed reaches its maximum between 1 pm and 2 pm, with the highest values recorded at a height of 3m (Figure 3e). However, when trees are present, the wind speed is lower (-0.3m/s at 1 pm), as illustrated in Figure 3f.

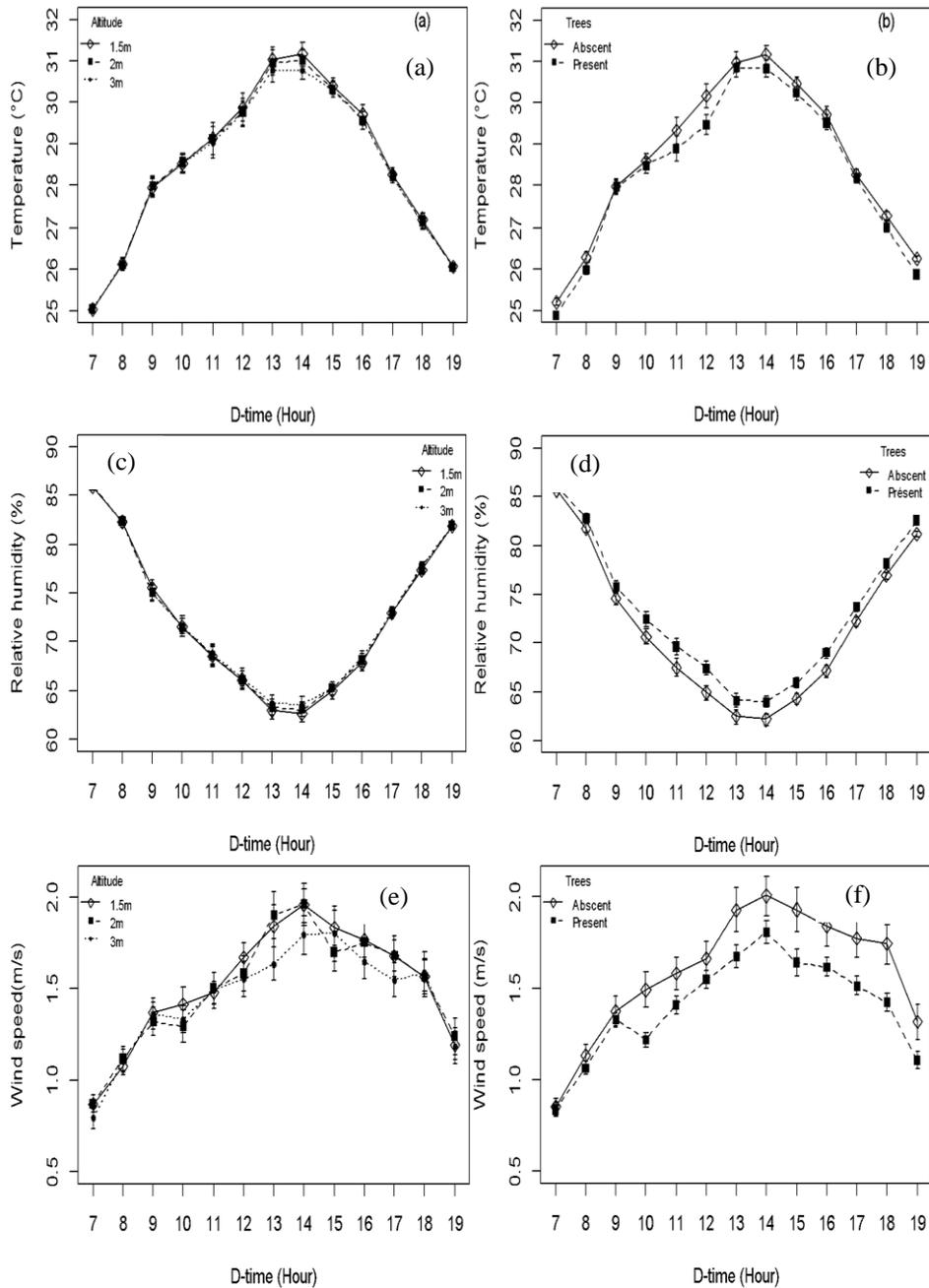


Figure 3. Diurnal Trends in air temperature, relative humidity, and wind speed belong to height (a, c, e) and tree occurrence (b, d, f) at Ouidah

When trees are present, meteorological parameters are noticeably milder. Street trees, therefore, make a significant contribution to mitigating the local urban climate by providing cooling effects. Based on the analysis of

variance conducted on the best model (Table 5), it has been established that the occurrence of trees, daytime, and height factors have significant effects (p-value <0.0001) on air temperature, relative humidity, and wind speed. The interaction of daytime and height has significant effects on all three meteorological parameters, whereas the interaction of daytime and trees only has an impact on wind speed as indicated by the GLMM outputs. The planting of street trees significantly influences air temperature, resulting in a cooling effect on the climate observed in the thoroughfares of the city of Ouidah.

Table 5. Generalized linear model with mixed effects on meteorological data in Ouidah

	Chisq	Df	Pr (>Chisq)
A: on temperature			
D-time	41.21	1	0.0002 **
Trees	2.86	1	<0.0001 ***
Height	7.39	2	0.006 **
D-time: Trees	0.74	2	0.390
D-time: Height	350.03	2	0.001 **
B: on relative humidity			
D-time	11.79	1	0.0001 ***
Trees	1.74	1	0.0187 *
Height	6.47	2	0.011 *
D-time: Trees	2.19	2	0.138
D-time: Height	558.33	2	0.001 **
C: on wind speed			
D-time	16.31	1	0.001 **
Trees	14.50	1	0.001 **
Height	13.19	2	0.001 **
D-time: Trees	4.23	2	0.039 *
D-time: Height	26.25	2	0.001 **

Df: Degree of freedom, Pr: Probability test, Significant codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1

Effect of the street tree on meteorological parameters in Cotonou

A generalized linear mixed-effects model was also utilized to analyze air temperature, relative humidity, and wind speed data at Cotonou. The results showed that air temperature varies significantly (P < 0.0001) based on both daytime and the presence of trees (Table 6). Specifically, street trees were found to reduce air temperature by an average of -1.1°C at 2 pm in Cotonou (Figure 4b), indicating that they contribute to mitigating the urban heat island effect. Additionally, relative humidity was found to vary significantly (P < 0.0001) based on daytime and the presence of trees. The average relative humidity values were higher (+3.5 to +5% from 9 am to 6 pm) in areas with trees (Figure 4d), further demonstrating the cooling effect of trees in Cotonou. Wind speed was found to be significantly influenced (P < 0.05) by only daytime and height. However, despite this, the study highlights street trees' crucial role in cooling and reducing the heat island effect in Cotonou.

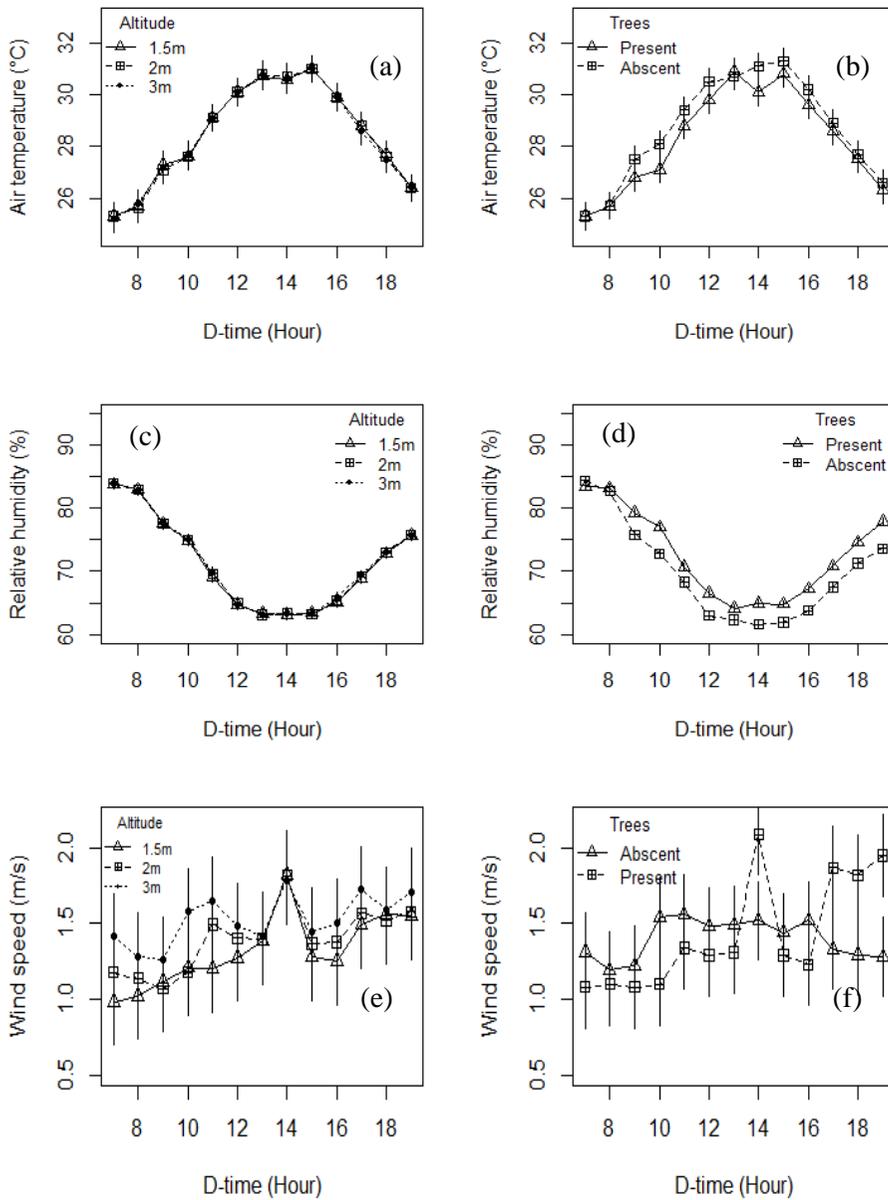


Figure 4. Diurnal Trends in air temperature, relative humidity, and wind speed belong to height (a, c, e) and tree occurrence (b, d, f) at Cotonou

Table 6. Generalized linear model with mixed effects on meteorological data in Cotonou

	numDF	denDF	F-value	p-value
A: on temperature				
D-time	12	3079	366.46	<.0001***
Height	2	3079	0.10	0.9012
Trees	1	3079	55.30	<.0001***
D-time:Height	24	3079	0.09	1.0000
D-time:Trees	12	3079	3.30	0.0001***
Height:Trees	2	3079	0.12	0.8826
B: on relative humidity				
D-time	12	3079	332.15	<.0001***
Height	2	3079	0.38	0.6857
Trees	1	3079	148.28	<.0001***
D-time:Height	24	3079	0.08	1.0000
D-time:Trees	12	3079	3.48	<.0001***
Height:Trees	2	3079	0.08	0.9266
C: on wind speed				
D-time	12	3079	2.70	0.0012**
Height	2	3079	4.26	0.0141*
Trees	1	3079	0.24	0.6240
D-time:Height	24	3079	0.21	1.0000
D-time:Trees	12	3079	3.23	0.0001***
Height:Trees	2	3079	0.35	0.7005

DF: Degree of freedom, P-value: Probability test, Significant codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1

Effect of the street tree on meteorological parameters in Porto-Novo

In this scientific study, a Linear mixed-effects model was also utilized to analyze data on air temperature, relative humidity, and wind speed at Porto-Novo. The findings demonstrated that these meteorological parameters exhibited significant variations ($P < 0.0001$) based on both daytime and the presence of trees (as shown in Table 7). Specifically, the study revealed that street trees had the effect of reducing air temperature and increasing relative humidity by an average of -0.5 to -1.6°C and $+2$ to $+3\%$, respectively, between 10 am and 5 pm (as depicted in Figure 5b and 5d), thereby contributing to the mitigation of the urban heat island effect. Moreover, the wind speed was also found to be significantly influenced ($P < 0.001$) by height, with wind moving much faster at a height of 2 meters from the ground.

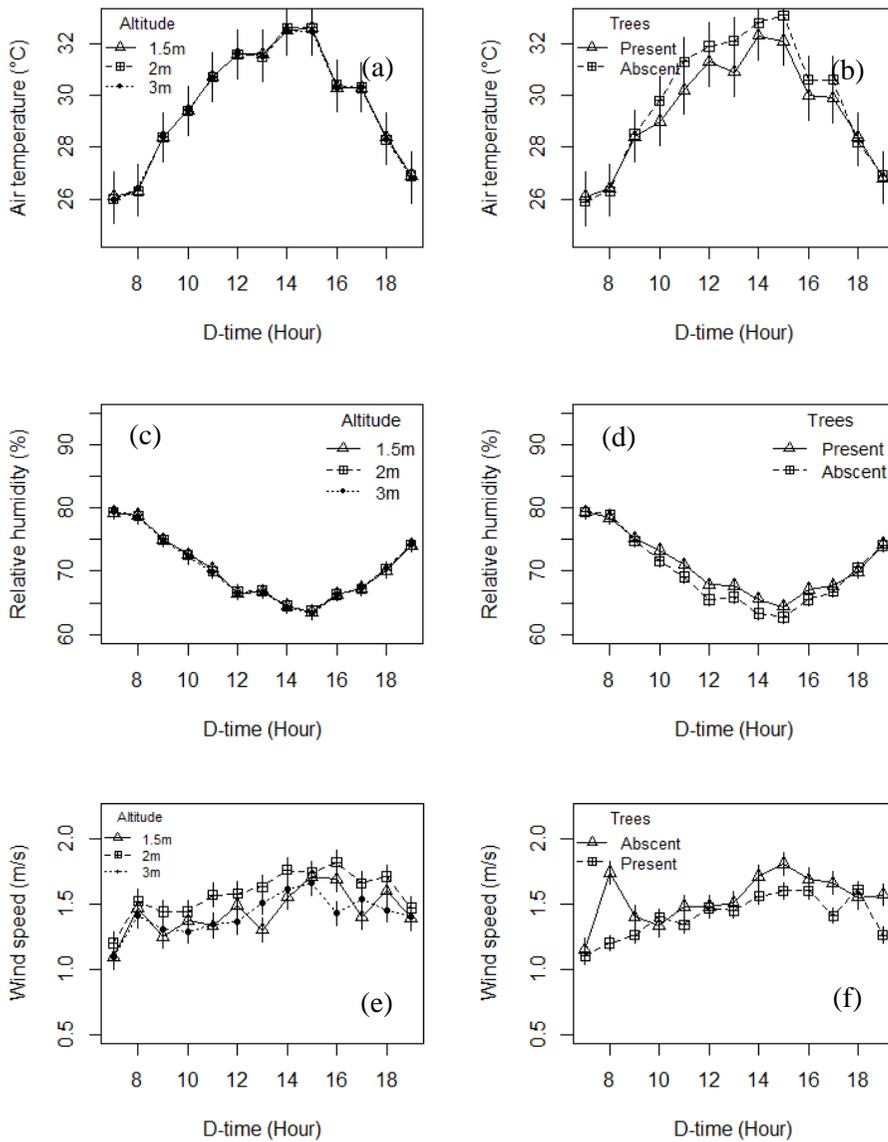


Figure 5. Diurnal Trends in air temperature, relative humidity, and wind speed belong to height (a, c, e) and tree occurrence (b, d, f) at Porto-Novo

Table 7. Generalized linear model with mixed effects on meteorological data in Porto-Novo

	numDF	denDF	F-value	p-value
A: on temperature				
D-time	12	3079	315.68	<.0001***
Height	2	3079	0.04	0.9555
Trees	1	3079	38.18	<.0001***
D-time:Height	24	3079	0.02	1.0000
D-time:Trees	12	3079	3.16	0.0002**
Height:Trees	2	3079	0.00	0.9927
B: on relative humidity				
D-time	12	3079	183.08	<.0001***
Height	2	3079	0.05	0.9501
Trees	1	3079	20.24	<.0001***
D-time:Height	24	3079	0.03	1.0000
D-time:Trees	12	3079	1.58	0.0883
Height:Trees	2	3079	0.05	0.9423
C: on wind speed				
D-time	12	3079	9.64	<.0001***
Height	2	3079	14.14	<.0001***
Trees	1	3079	22.87	<.0001***
D-time:Height	24	3079	0.73	0.8215
D-time:Trees	12	3079	2.47	0.0032**
Height:Trees	2	3079	0.15	0.8572

DF: Degree of freedom, p-value: Probability test, Significant codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1

Effects of street tree layouts (TL) and canopy patterns (TCP)

This study uses a linear mixed-effects model to determine the most effective configurations of street trees to maximize the cooling effect. Specifically, the model was applied to air temperature, relative humidity, and wind speed data. Street tree layouts (TL) and canopy patterns (TCP) were manipulated to achieve the desired cooling effect. The results showed that the meteorological parameters examined exhibited significant variations ($P < 0.0001$) due to the interaction between daytime and tree layouts on one side and daytime and tree canopy patterns on the other side, as demonstrated in Table 8.

The thoroughfares, with street trees only on the median strip, recorded the highest air temperatures and lowest relative humidities during the day. Based on the findings, the most effective layout for maximizing the cooling effect of street trees was the placement of trees on both sides of the roadway. This layout resulted in an air temperature difference ranging from -

0.6°C to -1.4°C and relative humidity ranging from +2.5 to +5.2% from 11 am to 5 pm compared to other layouts (Figure 6a and 6b). Moreover, the best TCP was identified as closed canopies, resulting in an air temperature difference ranging from -0.4°C to -1°C and relative humidity ranging from +2.4 to +5.5% from 11 am to 5 pm compared to the other arrangements (Figure 6c and 6d). In conclusion, street trees should be placed on both sides of the roadway with closed canopies when the trees reach adulthood, to optimize the softening effect in urban centers.

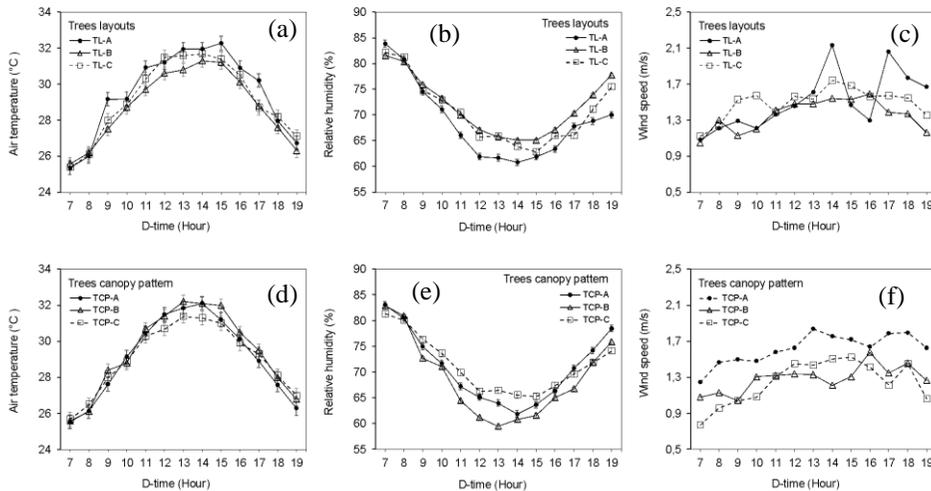


Figure 6. Temperature trends belong to the tree layouts and canopy patterns. (TL-A) trees on the roadside and in the central median, (TL-B) trees only on the roadside, and (TL-C) trees only in the central median, (TCP-A) inter-canopy distance ≥ 5 m, (TCP-B) inter-canopy distance < 5 , and (TCP-C) closed canopy

Table 8. Generalized linear model with mixed effects on meteorological data in Porto-Novo

	F	Df	Df.res	Pr(>F)
A: on temperature				
D-time	19.49	12	6095.0	<.0001***
Type	0.57	2	6095.0	0.5622
Cover	0.11	2	6095.0	0.8934
Hour:Type	1.97	24	6095.0	0.0030**
Hour:Cover	1.11	24	6095.0	0.3115
Type:Cover	0.37	3	6095.0	0.7677
Hour:Type:Cover	1.58	36	6095.0	0.0148*
B: on relative humidity				
D-time	25.82	12	6095.0	<.0001***
Type	0.73	2	6095.2	0.4784
Cover	2.61	2	6095.1	0.0730
Hour:Type	3.20	24	6095.0	<.0001***

Hour:Cover	1.81	24	6095.0	0.0086**
Type:Cover	2.43	3	6095.1	0.0625
Hour:Type:Cover	3.43	36	6095.0	<.0001***
<i>C: on wind speed</i>				
D-time	0.69	12	6095.0	0.7571
Type	0.01	2	6096.2	0.9876
Cover	0.49	2	6095.7	0.6107
Hour:Type	73.01	24	6095.0	<.0001***
Hour:Cover	71.67	24	6095.0	<.0001***
Type:Cover	0.38	3	6095.7	0.7628
Hour:Type:Cover	44.20	36	6095.0	<.0001***

Discussion

Biodiversity and characterization of street trees

Compared to natural ecosystems, the floristic composition of street trees in the three examined cities exhibits reduced diversity. The species richness ranges from 15 to 20 species, and the Shannon diversity index spans 2.33 to 2.92 bits, indicating low diversity along the urban thoroughfares. The Pielou equitability index reveals a strong dominance of a few tree species in Ouidah (0.64) compared to the other two cities (0.17 - 0.21). Osseni *et al.* (2014) reported analogous findings for Porto-Novo's street plantations, suggesting a relatively weak floristic composition. In contrast, Cotonou exhibits monospecific formations of *Khaya senegalensis*, *Terminalia mantaly*, and *Terminalia catappa* along major thoroughfares such as Cica Toyota, Etoile rouge, and Place du Bicentenaire, respectively (Houinsou, 2009), while boulevard de Missebo-Zongo comprises four species dominated by *K. senegalensis* (Teka *et al.*, 2017a). The Sacré Coeur thoroughfare displays greater species diversity, akin to Ouidah, yet with a higher floristic composition (33 species). A 2010 survey identified 31 species in Cotonou, predominantly *T. catappa* (15.87%), *K. senegalensis* (15.64%), and *T. mantaly* (13.17%), similar to Ouidah but with varying proportions (Gnélé, 2010). These findings suggest that southern Benin's reforestation efforts primarily utilize the same tree species. Most of the stand is characterized by *Terminalia mantaly* and *Khaya senegalensis*, considered highly valuable species for urban development in West Africa (Sokpon and Ouinsavi, 2004). This observation suggests a limited effort to diversify species selection in Beninese development policies. The preference for these species may be attributed to their well-understood silviculture, characterized by rapid growth, resilience to human activities, and minimal maintenance requirements. This finding is supported by the actual fall index, which is significantly lower than 50% (IRr = 2.29%). Additionally, these plants' ecological and therapeutic functions may

contribute to their prevalence. For instance, *Khaya senegalensis* is utilized by local communities to treat 41 diseases, particularly employing its bark for gynecological afflictions (Ouinsavi, 2000; Sokpon and Ouinsavi, 2004), while *Terminalia mantaly* serves as an anti-diarrheal agent. The diametric structure analysis of the trees within these thoroughfares reveals a predominance of young individuals with diameters between 40cm and 50cm, resulting in a mean quadratic diameter (Dg) for the stand of 52.34cm. This structure resembles a natural forest (Guimbo *et al.*, 2010; Abdourhamane *et al.*, 2013), suggesting that thoroughfare-aligned trees receive limited care and are subject to widespread disregard by the population. Despite recognizing the importance of these trees in daily life, inhabitants often repurpose these spaces as marketplaces for various products. The remaining species, not subjected to the same pressures as *T. mantaly* and *K. senegalensis* (such as debarking for therapeutic treatments), remain unmonitored. The potential fall risk index (IRp = 13.30 - 28.90 %) indicates that these plantations have experienced insufficient monitoring, and silvicultural operations were likely influenced by anthropogenic pressures during their development stage.

Influence of street trees on local climate and warming mitigation

Observations indicate diurnal variations in air temperature, relative humidity, and wind speed within tree alignments and roadways. Generally, temperatures are lower in plantation areas compared to roadways. Conversely, relative humidity is higher in tree alignments than on roadways. These average trends persist regardless of height and time of day. These findings corroborate the natural diurnal fluctuations in meteorological parameters, resulting in inverse relationships between temperature and relative humidity. As temperature decreases, relative humidity increases, and vice versa. The observed trends can be attributed to the crown shape (vegetation cover), which inhibits solar radiation penetration and reduces warming in plantation areas (Stewart & Oke, 2009; Lafontaine-Messier *et al.*, 2014; Teka *et al.*, 2017a). The cooling effect of crown shape is likely due to leaf evapotranspiration, which increases relative humidity and generates a microclimate around tree foliage. Tree foliage shields solar radiation and cools the air through evaporation and shading on the ground and walls. Under certain conditions, trees have been shown to reduce radiation and attenuate wind speed (Feyisa *et al.*, 2014; Gromke *et al.*, 2015; Teka *et al.*, 2017a). Factors such as tree spacing, linear density, and foliage density (dependent on species) influence sunlight penetration, temperature, and relative humidity. Tree linear density may also decrease wind speed (windbreak effect) and enhance relative humidity. Potes *et al.* (2012) suggest that orientation, planting distance from buildings, and vegetation cover also impact thermal levels.

In a recent study, Vailshery *et al.* (2013) observed that the absence of trees increases roadway surface temperatures, contributing to a significant rise in discomfort levels for pedestrians and cyclists. This phenomenon may promote the use of vehicle air conditioning and discourage energy-efficient transportation modes, such as walking and cycling. Albedo, a measure of a material's reflectivity, is crucial in heat accumulation. Urban surfaces, particularly roadways, typically comprise low-albedo materials with darker colors, resulting in heat storage and increased temperatures (Teka *et al.*, 2017a). In contrast, alignment plantations exhibit lower albedo rates and do not contribute to air warming. This is due to the immediate release of absorbed heat through plant evapotranspiration, providing localized cooling compared to heat-retaining roadways (Fischer, 2005). Factors such as site location, measurement heights, and time of day significantly influence temperature variations, relative humidity, and wind speed in different thoroughfares. These variations may be attributed to differences in vegetation density and tree height. Notably, the Kpassè and Gbèna thoroughfares exhibit lower temperatures due to their high shading indexes (60.8 and 50.8), indicating reduced light and solar radiation permeability. The dominance of *K. senegalensis* and *T. mentaly* species in these areas may further contribute to the overall coolness.

Additionally, architectural and housing orientation factors should be considered for optimal results. A collaborative effort among researchers and authorities is necessary to ensure the sustainability of urban forestry programs. The critical role of urban green spaces in carbon sequestration and climate change mitigation (Teka *et al.*, 2017b) highlights the need for immediate action, such as community sensitization, to preserve and enhance alignment plantations.

The results also suggest that street trees significantly reduce heat stress in urban areas, particularly in warmer regions such as Porto-Novo. The study found that street trees had a notable effect on reducing air temperature and increasing relative humidity during the daytime, specifically between 10 am and 5 pm. The average reduction in air temperature was -0.5 to -1.6°C, while relative humidity increased by +2 to +3%. It is important to note that the impact of street trees was more pronounced in Porto-Novo compared to the neighboring cities of Cotonou and Ouidah. The air temperature in Porto-Novo was consistently higher than that of the other two cities, with a difference of 0.7 to 1.8°C between 11:00 a.m. to 3:00 p.m. This suggests that street trees have a more significant potential to mitigate heat stress in areas with higher temperatures. Otherwise, Teichmann *et al.* (2022) conducted in Vienna an investigation for evaluating the influence of small-scale vegetation on the local microclimate within two school buildings. During a hot summer day, specifically at 3 p.m., the study revealed a maximum temperature reduction of

0.3 °C within a proximity of 0.1 m from the facade greening, as well as within the confines of the vegetated pergola. Furthermore, with respect to the perceived temperature, a discernible decrease of up to 4 °C was observed beneath the green pergola in comparison to the unshaded rooftop terrace. Overall, the results of this study demonstrate the importance of street trees in reducing heat stress in urban areas. As cities continue to experience the effects of climate change, implementing urban forestry programs may be an effective strategy to mitigate the impacts of extreme heat.

Influence of street tree layouts (TL) and canopy patterns (TCP) on heat mitigation

The finding that street trees located on both sides of the roadway resulted in a significant difference in air temperature and relative humidity compared to other street layouts is an essential contribution to our understanding of the cooling effect of street trees in urban environments. The observed decrease in air temperature and increase in relative humidity can be attributed to the shading provided by the street trees, which reduces the amount of solar radiation reaching the ground, and the transpiration of water from the leaves of the trees, which increases the moisture content of the surrounding air. These factors create a cooler and more humid microclimate than the surrounding areas. The magnitude of the difference in air temperature and relative humidity observed in this study is noteworthy (-0.6°C to -1.4°C and +2.4% to +5.5%). A decrease in air temperature of 1°C can translate to a 10% reduction in energy consumption for air conditioning (IEA, 2022), which has significant implications for reducing greenhouse gas emissions and mitigating the impact of climate change.

Similarly, an increase in relative humidity can help alleviate the adverse health effects of dry air, such as respiratory irritation, dry skin, and dehydration. The findings of this study have practical implications for urban planners and policymakers seeking to mitigate the impact of climate change on urban areas. Planting street trees on both sides of the roadway can effectively reduce urban heat island effects and improve the microclimate in urban environments. Furthermore, identifying closed canopies as the best tree canopy pattern for cooling suggests that planting dense, closely spaced street trees may be the most effective approach. However, careful consideration must be given to species selection and maintenance to ensure the long-term viability and sustainability of the street tree ecosystems.

Conclusion

It has been observed that the street trees in Cotonou, Porto-Novo, and Ouidah exhibit low plant diversity, with only three dominant species, namely *Terminalia mantaly*, *Terminalia catappa*, and *Khaya senegalensis*.

Unfortunately, these species are being over-exploited by the neighboring communities, destroying them through burning, slaughtering, debarking, or pruning. Additionally, the study has revealed that street trees, height, and daytime significantly affect air temperature, relative humidity, and wind speed. It was found that street trees located on both sides of the roadway resulted in a considerable difference in air temperature ranging from -0.6°C to -1.4°C and relative humidity ranging from $+2.5\%$ to $+5.2\%$ from 11 am to 5 pm, as compared to other street layouts. Furthermore, the study has identified that closed canopies of street trees result in the best tree canopy patterns, leading to an air temperature difference ranging from -0.4°C to -1°C and relative humidity ranging from $+2.4\%$ to $+5.5\%$ from 11 am to 5 pm. The research concludes that street trees play a crucial role in cooling and reducing the heat island effects in coastal cities of Benin. It is, therefore, essential to preserve and maintain these ecosystems. The findings can inform urban planners and policymakers in designing and implementing effective street tree planting strategies to optimize their cooling effect and mitigate the impact of climate change on urban areas.

Acknowledgments: The authors would like to thank students for helping them with data collection.

Conflicts of Interest: The authors declare that there are no conflicts of interest.

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

Data Availability: The data are available in the content of this article.

References:

1. Abdourhamane H., Morou B., Rabiou H. and Amhamane A. 2013. Caractéristiques floristiques, diversité et structure de la végétation ligneuse dans le Centre-Sud du Niger: cas du complexe des forêts classées de Dan kada Dodo-Dan Gado. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(3): 1048-1068.
2. Adam, K. S. & Boko, M. (1993). Le Bénin. Cotonou : Les Éditions du Flamboyant/EDICEF.
3. Agoungbome, S. M. D., Gbenontin, E., & Thiam, M. (2020). Mangroves under demographic pressure and salt production threats in the Municipality of Ouidah (Benin). In *Innovations and Interdisciplinary Solutions for Underserved Areas: 4th EAI International Conference, InterSol 2020, Nairobi, Kenya, March 8-9, 2020, Proceedings 4* (pp. 105-118). Springer International Publishing.

4. Akoègninou, A., Van der Burg, W. J. & Van der Maesen, L. J. G. (2006). Flore analytique du Bénin (No. 06.2). Backhuys Publishers.
5. Andrade R, Franklin J, Larson KL, Swan CM, Lerman SB, Bateman HL, Warren PS, York A (2020). Predicting the assembly of novel communities in urban ecosystems. *Landscape Ecol* 36:1–15
6. Arnson, Y., Gringauz, I., Itzhaky, D., & Amital, H. (2012). Vitamin D deficiency is associated with poor outcomes and increased mortality in severely ill patients. *QJM: An International Journal of Medicine*, 105(7), 633-639.
7. Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M. and Pullin, A.S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and urban planning*, 97(3): 147-155.
8. Djikpo, V. A. R., Tekla, O., Djossa, B., Oumorou, M. and Sinsin, B. (2023). Understanding Coastal Residents' Perception on Urban Green Spaces in Benin, West Africa. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 12(1), pp. 8-17. doi: 10.11648/j.aff.20231201.12
9. Feyisa, G.L. Dons, K. and Meilby, H. (2014). Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa. *Landscape and Urban Planning*, 123: 87-95.
10. Fischer, L. (2005). Phénomènes radiatifs et îlot de chaleur urbain dans l'agglomération de Strasbourg. *Revue Géographique de l'Est*, 45(2) : 99-112.
11. Georgescu, M., Chow, W.T.L., Wang, Z.H., Brazel, A., Trapido-Lurie, B., Roth, M. and Benson-Lira, V. (2015). Prioritizing urban sustainability solutions: coordinated approaches must incorporate scale-dependent built environment induced effects. *Environmental Research Letters*. 10(6): 061001.
12. Gnélé, J. 2010. Dynamiques de planification urbaine et perspectives de développement durable à Cotonou (République du Bénin) (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat, FLASHUAC, Bénin, 339.
13. Gromke, C., Blocken, B., Janssen, W., Merema, B., van Hooff, T. and Timmermans, H. (2015). CFD analysis of transpirational cooling by vegetation: Case study for specific meteorological conditions during a heat wave in Arnhem, Netherlands. *Building and environment*, 83 : 11-26.
14. Guimbo I. D., Mahamane A., Ambouta K. J. M. (2010). Peuplement des parcs à *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance et à *Vitellaria paradoxa* (Gaertn. CF) dans le sud-ouest nigérien : diversité, structure et régénération. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(5) : 1706-1720.
15. Hallegatte, S. (2016). Shock waves: managing the impacts of climate change on poverty. World Bank Publications.

16. Harlan, S. L., & Ruddell, D. M. (2011). Climate change and health in cities: impacts of heat and air pollution and potential co-benefits from mitigation and adaptation. *Current opinion in environmental sustainability*, 3(3), 126-134.
17. Houinsou, A. (2009). Foresterie Urbaine à Cotonou: Diagnostic et Approches de solution pour une Gestion intégrée. Mémoire DEA FLASH/UAC, Bénin, 71.
18. IEA (2022), Playing my part, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/playing-my-part>, License: CC BY 4.0.
19. INSAE (2013). Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation. *Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique* (septembre 2013). Cotonou. Bénin.
20. IPCC (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
21. Kenney, W.A., van Wasseanaer, P.J.E. & Satel, A. L. (2011). Criteria and Indicators for Strategic Urban Forest Planning and Management. *Arboriculture & Urban Forestry*. 37: 108–117.
22. Kingbo, A., Teka, O., Aoudji, A. K., Ahohuendo, B., & Ganglo, J. C. (2022). Climate Change in Southeast Benin and Its Influences on the Spatio-Temporal Dynamic of Forests, Benin, West Africa. *Forests*, 13(5), 698.
23. Lafontaine-Messier, M. (2014). Potentiel de l'utilisation des arbres nourriciers à des fins de production alimentaire au sein de parcs publics urbains à Villa El Salvador, au Pérou (Doctoral dissertation, Université Laval).
24. Lankao, P.R. (2008). Urban areas and climate change: Review of current issues and trends issues paper for the 2011 global report on human settlements. National Center for Atmospheric Research.
25. Litschke, T. and Kuttler, W. (2008). On the reduction of urban particle concentration by vegetation—a review. *Meteorologische Zeitschrift*. 17(3): 229-240.
26. Meyer, J.L., Paul, M.J. and Taulbee, W.K. (2005). Stream ecosystem function in urbanizing landscapes. *Journal of the North American Benthological Society*. 24(3): 602–612.
27. Osseni, A. A., Sinsin, B. and Toko, I. I. (2014). Analyse des contraintes de viabilité de la végétation urbaine : cas des arbres d'alignement dans la ville de Porto-Novo au Bénin. *European Scientific Journal, ESJ*, 10(32): 1-15.

28. Ouinsavi, C. (2000). In situ conservation of *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss: socioeconomic relevance. structure and dynamic of natural communities and Productivity of trial plantations in Benin. Engineer Agronomist Thesis. FSA/UAC. Abomey-Calavi. Benin. 120
29. Pamukcu-Albers, P., Ugolini, F., La Rosa, D., Grădinaru, S. R., Azevedo, J. C., & Wu, J. (2021). Building green infrastructure to enhance urban resilience to climate change and pandemics. *Landscape ecology*, 36(3), 665-673.
30. Parker J, Zingoni de Baro ME (2019). Green infrastructure in the urban environment: a systematic quantitative review. *Sustainability*, 11(11):3182.
31. Potes, L. M. R., Hanrot, S., Dabat, M.A., Izard, J.L. (2012). Variation des paramètres de plantation des arbres d'alignement dans un milieu urbain et son influence sur la température de l'air - Cas d'Aix-en-Provence, France. Thibaud, Jean-Paul and Siret, Daniel. Ambiances in action / Ambiances en acte(s) - International Congress on Ambiances, Montreal 2012, Sep 2012, Montreal, Canada. International Ambiances Network, 261-266.
32. R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria.
33. Revelli, R., & Porporato, A. (2018). Ecohydrological model for the quantification of ecosystem services provided by urban street trees. *Urban Ecosystems*, 21, 489-504.
34. Segura, R., Krayenhoff, E. S., Martilli, A., Badia, A., Estruch, C., Ventura, S., & Villalba, G. (2022). How do street trees affect urban temperatures and radiation exchange? Observations and numerical evaluation in a highly compact city. *Urban Climate*, 46, 101288.
35. Sénécal, G. (2007). Urban environment: mapping a concept. Introductory note. *Environnement Urbain/Urban Environment*, (Volume 1).
36. Shashua-Bar, L., Potchter, O., Bitan, A., Boltansky, D., & Yaakov, Y. (2010). Microclimate modelling of street tree species effects within the varied urban morphology in the Mediterranean city of Tel Aviv, Israel. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 30(1), 44-57.
37. Sokpon, N. and Ouinsavi, C. (2004). Gestion des plantations de *Khaya senegalensis* au Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques*. 279 (1) 37.
38. Spano G, Giannico V, Elia M, Bosco A, Laforteza R, Sanesi G (2020). Human health–environment interaction science: an emerging research paradigm. *Sci Total Environ* 704:135358
39. Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.

40. Stewart, I.D. and Oke, T. (2009). Classifying urban climate field sites by “local climate zones”: The case of Nagano, Japan. Seventh International Conference on Urban Climate (Vol. 29).
41. Teichmann, F., Horvath, A., Luisser, M. and Korjenic, A. (2022). The Impact of Small-Scale Greening on the Local Microclimate—A Case Study at Two School Buildings in Vienna. *Sustainability*, 14, 13089. <https://doi.org/10.3390/su142013089>
42. Teixeira CP, Fernandes CO (2020). Novel ecosystems: a review of the concept in non-urban and urban contexts. *Landsc Ecol*, 35:23–39
43. Teka, O., and Vogt, J. (2010). Social perception of natural risks by local residents in developing countries-The example of the coastal area of Benin. *Social Science Journal*. 47. 215–224.
44. Teka, O., Togbe, C. E., Djikpo, R., Chabi, R. and Djossa, B. (2017a). Effects of urban forestry on the local climate in Cotonou. Benin republic. *Agriculture. Forestry and Fisheries*. 6(4): 123–129. doi: 10.11648/j.aff.20170604.13. ISSN: 2328-563X (Print). ISSN: 2328–5648 (Online)
45. Teka, O., Togbe, E., Djossa, B., Djikpo, R., Oumorou, M., and Sinsin, B. (2017b). Plant diversity and carbon storage in roadside trees in Cotonou (Republic of Benin). *Annales des Sciences Agronomiques*, 21(2), 203-221.
46. Tohozin, C. A. B., and Orekan O. A. V. (2017). Analyse par la télédétection et le SIG de l’extension urbaine de Porto-Novo au Bénin. *Afrique SCIENCE* 13.4: 207-219.
47. Vailshery, L.S., Jaganmohan, M. and Nagendra, H. (2013). Effect of street trees on microclimate and air pollution in a tropical city. *Urban forestry & urban greening*, 12(3) : 408-415.
48. Zhang, X.M., Zhang, X.D., Gray, D. and Wang, H. (2013). The number of subtrees of trees with given degree sequence. *Journal of Graph Theory*, 73(3) : 280-295.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Impact Négatif des Stations-Service Sur la Nappe Phréatique Adjacente. Cas des Stations-Service Groupe Petropetroleum et Bon Berger au Quartier Kalubwe à Lubumbashi (RD Congo)

Sangwa Kiteba Guellord

Laboratoire de Population Environnement et Planification Urbaine au
Département de Géographie et Sciences de l'Environnement,
Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

Bula Katendi

Département de Mathématiques et Informatiques
Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

Amisi Mwanayamba

Département de Géographie et sciences de l'environnement,
Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

Mbayo Kitambala Marsi

Laboratoire de Chimie organique, Substances naturelles des plantes,
champignons et des insectes, Biocarburants huiles essentielles au
Département de Chimie, Université de Lubumbashi, Lubumbashi,
RD Congo

Asumani Salimini

Laboratoire de Population Environnement et Planification Urbaine au
Département de Géographie et Sciences de l'Environnement,
Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p64](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p64)

Submitted: 30 January 2023
Accepted: 16 September 2023
Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:

Guellord S.K., Katendi B., Mwanayamba A., Marsi M.K. & Salimini A. (2023). *Impact Négatif des Stations-Service Sur la Nappe Phréatique Adjacente. Cas des Stations-Service Groupe Petropetroleum et Bon Berger au Quartier Kalubwe à Lubumbashi (RD Congo)*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 64. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p64>

Résumé

Cet article met en évidence les paramètres physico-chimiques et organoleptiques de la qualité des eaux des nappes phréatiques des périmètres

des stations-service Bon Berger et Groupe petropetroleum (GPP) du quartier Kalubwe dans la partie australe de la République Démocratique du Congo. Cette étude examine les incidences négatives des stations-service dans les nappes souterraines adjacentes. Le protocole méthodologique combine revue de la littérature, enquêtes auprès de ménages qui s'approvisionnent en eau dans les parages de stations-service, analyse physico-chimiques des échantillons, traitements statistique et géomatique des données. L'observation directe a précédé le travail de repérage des stations-service, des puits et des forages. À l'aide d'un Système de Positionnement Global (GPS) et du logiciel Quantum Geographic Information System (QGIS), les données ont été cartographiées. Un questionnaire contenant des informations sur la perception de contamination des eaux par les enquêtés a visé les chefs de ménages ou son conjoint. En tout, 117 ménages ont été touchés par l'enquête. Ce nombre a été réalisé partant des parcelles qui s'approvisionnent en eau des puits et forages. Les résultats des analyses indiquent que tous les puits et forages dans ces secteurs ont des valeurs inférieures en métaux lourds pour la majorité, mais un excès en Plomb dépassant la norme OMS (0,01mg/L). Il en ressort également sur base des paramètres analysés que les puits et forages de la stations-service GPP ont été contaminés par les hydrocarbures et cette station constitue l'épicentre de la pollution pour les puits en aval de celle-ci. Quant aux autres puits, ils sont contaminés par autres subsistances. L'analyse des eaux de forages répondent aux normes de l'OMS à l'exception de l'eau de la station GPP et de puits de l'avenue Kabwit. Cette étude a montré que les stations-service peuvent avoir un impact négatif sur la nappe phréatique et pollué les eaux. Toutefois, la pollution est due à d'autres substances qui n'ont aucun rapport avec les stations-service.

Mots-clés : Nappe phréatique adjacente, Analyse physicochimique, secteurs de la station-service GPP et Bon Berger, Quartier Kalubwe

Negative Impact of Service Stations on the Adjacent Groundwater. Case of the Petropetroleum and Bon Berger Service Stations in the Kalubwe District (DR of Congo)

Sangwa Kiteba Guellord

Laboratoire de Population Environnement et Planification Urbaine au
Département de Géographie et Sciences de l'Environnement,
Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

Bula Katendi

Département de Mathématiques et Informatiques
Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

Amisi Mwanayamba

Département de Géographie et sciences de l'environnement,
Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

Mbayo Kitambala Marsi

Laboratoire de Chimie organique, Substances naturelles des plantes,
champignons et des insectes, Biocarburants huiles essentielles au
Département de Chimie, Université de Lubumbashi, Lubumbashi,
RD Congo

Asumani Salimini

Laboratoire de Population Environnement et Planification Urbaine au
Département de Géographie et Sciences de l'Environnement,
Université de Lubumbashi, Lubumbashi, RD Congo

Abstract

In the Kalubwe district of the southern Democratic Republic of the Congo, this study examines the physico-chemical and organoleptic characteristics of groundwater quality, with a focus on the service stations owned by Bon Berger and Groupe Petropetroleum (GPP). The study investigates the adverse impacts of these service stations on nearby groundwater. Our methodological approach comprises a literature review, household surveys in areas dependent on nearby gas stations for water, physico-chemical analysis of sample data, statistical analysis, and geomatic data processing. The initial step involved the identification of service stations, wells, and boreholes through direct observation. Subsequently, data were geographically mapped using a Global Positioning System (GPS) and Quantum Geographic Information System (QGIS) software. Households, represented by heads of families or their spouses, were surveyed through a questionnaire to gauge their concerns regarding water contamination. In total, 117 households were included in the survey, selected based on their water

sources from various wells or boreholes. The analysis revealed that the majority of wells and boreholes in these areas exhibited lower heavy metal levels compared to the WHO standard (0.01mg/L). However, some of these water sources contained elevated levels of lead. Furthermore, based on the criteria examined, it was observed that wells and boreholes associated with the GPP service station showed signs of hydrocarbon contamination, indicating this station as a focal point of pollution affecting downstream wells. Other contaminants were also identified in various wells. With the exception of water from the GPP station and wells on Avenue Kabwit, borehole water analysis generally complied with WHO standards. This study demonstrates that service stations can contribute to water contamination and have a detrimental impact on groundwater quality. Nonetheless, it is important to note that other compounds unrelated to the stations also contributed to pollution in certain cases.

Keywords: Adjacent groundwater, physicochemical analysis, GPP and Bon Berger service station areas, Kalubwe district

Introduction

La mondialisation, l'expansion des villes, l'explosion démographique, ont beaucoup influencés les activités du secteur tertiaire. C'est ainsi que les infrastructures spécialisées dans la vente de carburants se multiplient sur certains axes à forte circulation de Lubumbashi en général et du quartier Kalubwe en particulier (*Mujinga, 1997 Mwanji ; 2014 ; Sangwa, 2021*). Les installations de ces infrastructures « Stations-service » alimentent les véhicules en carburant (*Sangwa, et al., 2021*). Etant donné que ces points d'approvisionnements en carburant s'installent le long des grandes artères ; dans les parcelles habitées et à des emplacements d'intenses activités (*Sangwa, et al., 2021*). Leur implantation demande l'observance stricte de normes de sécurité. Cependant, certaines stations induisent des impacts négatifs dans les nappes phréatiques sous-jacentes. Les stations-service GPP et Bon Berger sont parmi des stations-service mal installées. De ce fait, il est impératif de penser à l'impact que celles-ci pourraient avoir sur l'environnement et surtout au niveau du sous-sol où l'on place les réservoirs de carburants. Néanmoins, les installations de ces stations requièrent certaines conditions de sécurité pour lutter contre les risques y afférents des fuites de carburants à partir des réservoirs enfouis, qui menacent la qualité des nappes phréatiques utilisées par certaines populations résidentes du quartier Kalubwe qui sont dépendantes de ces eaux par manque d'approvisionnement de service spécialisé de la fourniture en eau (*Sompo, 2019*). *Blaesius (1992)* révèle que les risques auxquels les habitants sont exposés étant de plusieurs ordres ; contribuer à cette série de connaissances en décortiquant la pollution des eaux

souterraines due aux stations-service est indispensable. Les réservoirs de carburants enfouis dans le sous-sol, à l'instar de ceux de la station GPP et Bon Berger dans le quartier Kalubwe, sont susceptibles de polluer des eaux de la nappe souterraine. Ceci, constitue un danger pour la santé de la population qui consomme l'eau de puits et de forages (*Sompo, 2019*).

Ainsi cette étude a pour objectif, analyser les effets négatifs induits par les stations-service sur les nappes phréatiques. Ce travail a consisté à identifier des ménages qui s'approvisionnent en eau dans les rayons des stations-service Bon Berger et GPP pour mesurer les risques qui guettent ces habitants quant à la qualité de l'eau qu'ils consomment ; à évaluer la potabilité de l'eau en analysant les aspects cognitifs de la qualité de l'eau étayée par les ménages d'une part et les analyses physico-chimiques des eaux de puits artisanaux et des forages d'autre part ; à déterminer les sources de pollution

Méthodologie

Le choix de la zone d'étude est guidé par la proximité de celle-ci aux stations-service, par le fait que le problème d'approvisionnement en eau potable se pose avec acuité dans ces secteurs d'études et les plaintes de la population sur l'odeur des hydrocarbures constatée dans certains puits. Cette zone est desservie par les réseaux d'adduction d'eau potable de la Régideso, mais l'eau ne coule pas régulièrement aux robinets. Les populations ont souvent recours à l'eau qui se trouve à leur portée sans tenir compte du danger sanitaire.

Le Quartier Kalubwe est l'un de 15 quartiers de la Commune de Lubumbashi. Il tire son appellation de la rivière Kalubwe qui verse ses eaux dans le Lac Tshombe via la Lubumbashi. Situé dans le secteur Nord-Ouest de la ville de Lubumbashi. Le plus petit Quartier de la Commune de Lubumbashi avec une superficie d'environ 3,50 km². Il est borné au Nord par la rivière Kamisepe, au Sud par l'avenue de la Révolution, au Sud-Ouest par l'avenue Kamanyola, à l'Ouest par la rivière Kalubwe à l'Est par l'avenue du 30 juin et son prolongement (Figure 1).

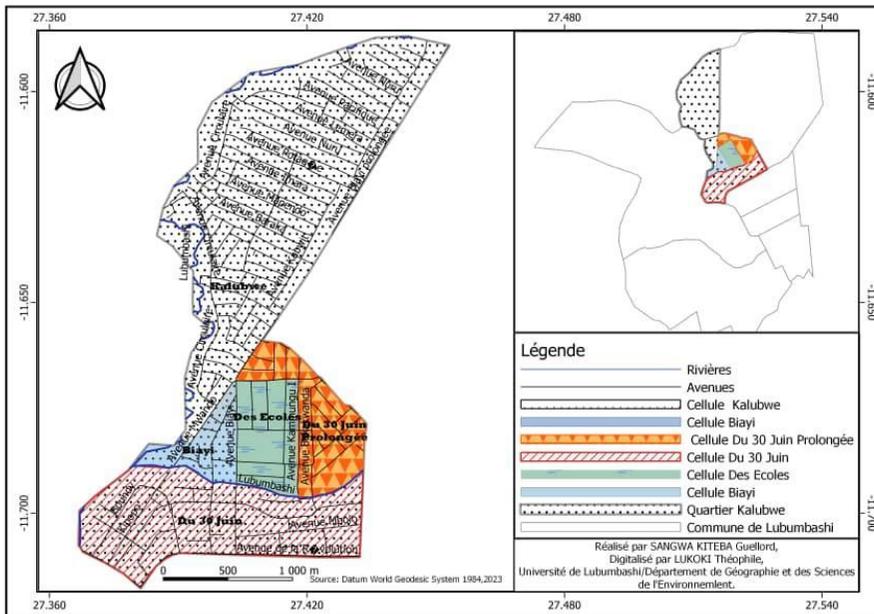


Figure 1. Zone d'étude

Sur le plan pédologique, le type de sol et son épaisseur ont un impact considérable sur le taux d'infiltration et d'humidité, la capacité de rétention des eaux et sur le coefficient de ruissellement. Les différents types des profils pédologiques caractéristiques de Lubumbashi se distinguent de la roche mère mis à part les 4 horizons des sols de bas en haut et se présente de la manière suivante : horizon holorganique (litière) non tourbeux(O) ; horizon hemiororganique (A) ; horizon éluvial appauvri en ions, argile, humus et sesquioxydes (E) ; horizon illuvial enrichi en ions, argile, humus et sesquioxydes (B) ; roche mère plus ou moins meuble permettant encore un enracinement (C) ; roche mère compacte plus ou moins fissurés ne permettant pas un développement racinaire (R). Quant à l'aspect géologique, le quartier Kalubwe est sur le groupe de Kundelungu, il est essentiellement terrigène. A l'instar de Nguba qui débute par une formation de conglomérat (Francois, 1974).

Le secteur d'enquête GPP se trouve dans le périmètre des avenues Biayi, de la Libération, Kabwit, et Dilolo (Figure 2).

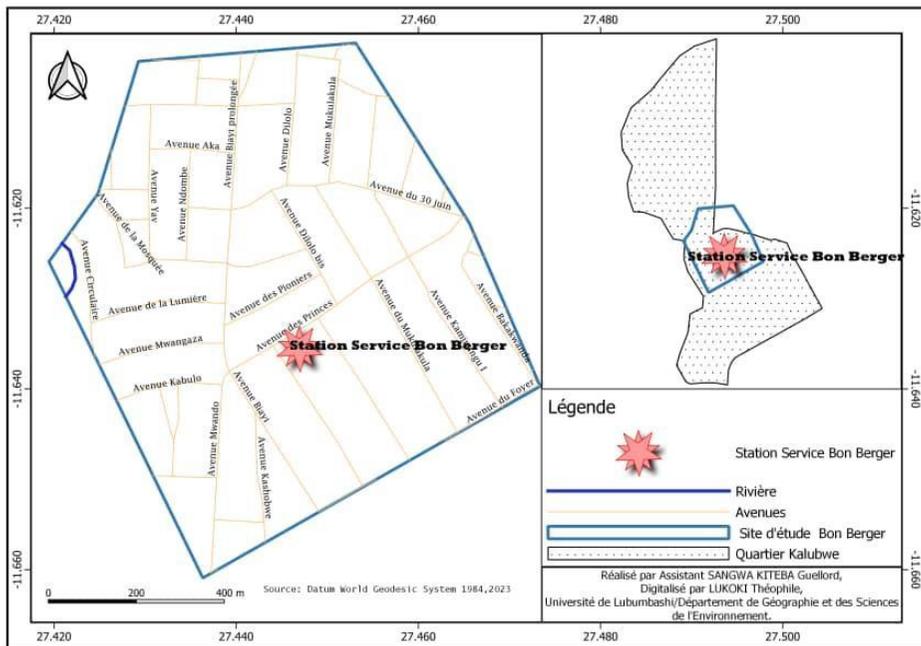


Figure 2. Secteur Bon Berger

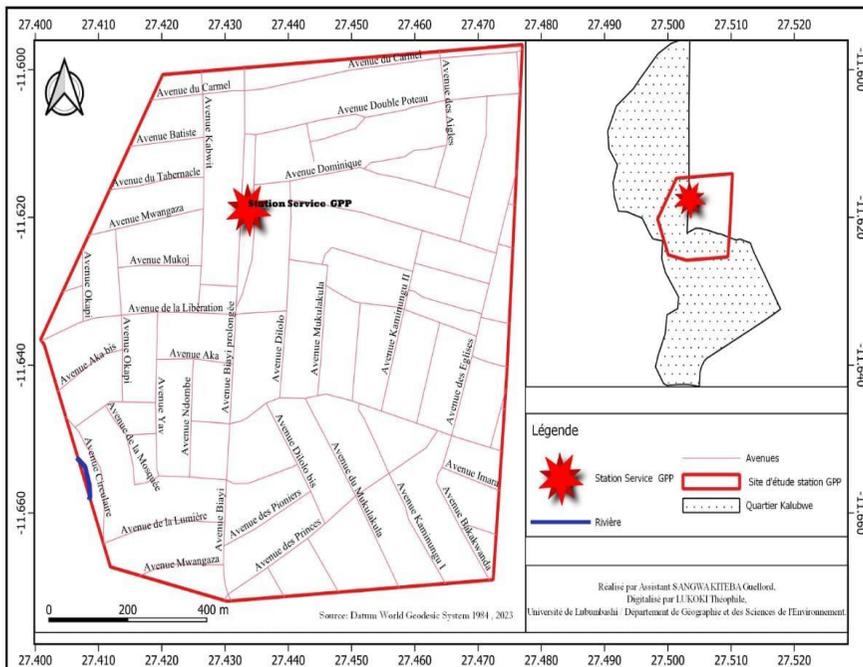


Figure 3. Secteur d'étude GPP

Le secteur Bon Berger est dans le périmètre des avenues ; Biayi, du Foyer, Dilolo, Kashobwe, et de Prince pour le second. (Figure 3).

Cette recherche analysera les spécificités des ménages s'approvisionnant en eau dans le voisinage de deux stations-service Bon Berger et GPP pour mesurer les risques que courent la population qui utilise cette eau. Aussi, elle évoquera les aspects physicochimiques des puits artisanaux et des forages. Le protocole méthodologique recoupe des enquêtes des ménages des alentours des deux stations-service Bon Berger et Groupe petropetroleum situés au quartier Kalubwe dans la ville de Lubumbashi au Sud Est de la République Démocratique du Congo. Les analyses physicochimiques des eaux des puits et des forages, les levés GPS (système de positionnement global) des stations-service et des points d'approvisionnement en eau.

Cette recherche s'est basée sur la revue documentaire de la qualité des eaux selon les normes de l'OMS et des documents divers ayant décortiqués la pollution de l'eau par les hydrocarbures. Cette recherche ayant pris essence des odeurs des hydrocarbures constatées dans les eaux des puits après la mise en fonctionnement de la station-service GPP. D'après *l'OMS (2017)*, dans la plupart des situations, le goût et l'odeur permettront de détecter la présence de produits pétroliers à des concentrations inférieures à celles qui sont préoccupantes pour la santé, notamment en cas d'exposition à court terme. Ainsi, deux approches ont été employées pour la collecte de données : l'enquête auprès des ménages des environs des stations-service pour appréhender la perception des habitants sur les paramètres organoleptiques des eaux des puits et des forages qui sont la couleur (incolore, jaunâtre), l'odeur (mauvaise odeur, inodore), le goût ou saveur (excellent, Bon goût, mauvais goût). Mais, ces analyses sont subjectives et dépendent de l'appréhension des enquêtés. *Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (2017)*, la fourniture d'une eau de boisson non seulement salubre, mais également acceptable quant à son aspect, son goût et son odeur, est une des premières priorités. L'eau dont l'aspect est inacceptable suscitera la méfiance des consommateurs et générera des plaintes. L'enquête dans les ménages a permis de recueillir des informations relatives à la perception des habitants sur les paramètres organoleptiques de l'eau de leur biotope. Le questionnaire d'enquête fut structuré comme suit : l'identification des ménages qui s'approvisionnent en eau dans les parages des stations-service pour les différentes activités des ménages en occurrence pour la boisson, la cuisson, les travaux des jardinages, les lessivages des véhicules et des ustensiles des cuisines, etc. L'unité de sondage était la parcelle ; le questionnaire a visé les responsables des ménages. Au total, 117 ménages qui s'approvisionnent en eau dans les puits traditionnels et les forages se trouvant aux environs de deux stations-service ont été identifiés. L'approvisionnement en eau été déterminant pour la sélection des ménages. Puis s'ensuivra, les analyses physico-chimiques des eaux.

Un prélèvement de 25 échantillons a été effectué dans huit forages qui se localisent dans les périmètres des stations-service et dix-sept puits traditionnels. Le prélèvement était fait à l'aide d'un récipient attaché à une corde et l'eau était mise dans des bouteilles nettoyées d'un litre bien à l'eau stérilisée (*Belghiti et al., 2013*). C'est au mois d'avril 2018 que le prélèvement a eu lieu ; période à laquelle certains ménages avaient constaté des odeurs des hydrocarbures dans leurs puits. Les échantillons ont été analysés au laboratoire chimique de la Société Chemical of Africa (chemaf). Le protocole des analyses physicochimiques a été regroupé en deux : paramètres physiques tels que le pH, la conductivité électrique (C.E), les taux de solides dissout (TDS) et la concentration des éléments en Plus Petite Molécule (ppm) en métaux lourds pour le Cuivre (Cu), Fer (Fe), Manganèse (Mn), Calcium (Ca), Magnésium (Mg), Zinc (Zn), Sodium (Na), Aluminium (Al), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Cadmium (Cd), Chrome (Cr). Ce choix est dû aux normes de l'OMS (2004 et 2017), à la nature du sol et aux caractéristiques des réservoirs et citernes. (*Maoudombaye, et al., 2015*) révèlent que la nature de terrain traversé par les eaux est la cause naturelle de variations importantes du pH. Les pH montrent une variabilité spatiale de l'eau. L'approche organoleptique et l'analyse physicochimique permettront la mise en corrélation de la perception des habitants et des analyses au laboratoire. À l'aide d'un Système de Positionnement Global (GPS), et le logiciel Quantum GIS ; les cartes ont été élaborées.

Résultats et discussion

Qualité des sources d'approvisionnement en eau des populations dans les rayons des Stations-Service Bon Berger et GPP.

Les investigations montrent que dans les deux zones d'études, les ménages utilisent l'eau des forages et des puits pour différents travaux ménagers (boisson et autres besoins). Quant aux caractéristiques organoleptiques de l'eau des puits et des forages deux catégories se révèlent ; l'eau des puits et des forages supposée polluée et non polluée. Le tableau n°1 présente 53 ménages enquêtés quant à leur fréquentation à la station et à l'environ pour se procurer l'eau.

Tableau n°1. Qualité de l'eau consommée par les ménages du secteur Bon Berger

Avenue	Ménages	Eau de forage		Eau de puits	
		Supposée Polluée	Supposée Non polluée	Supposée polluée	Supposée Non polluée
Biayi	16	-	11	5	-
Dilolo	5	-	-	-	5
De Prince	14	-	8	-	6
Du Foyer	9	-	9	-	-
Kashobwe	9	-	-	9	-
Total	53		28	14	11
%	100	-			

Source : Traitement Sangwa 2018-2019

Le tableau ci-haut révèle que 28 ménages sur 53 utilisent l'eau des forages supposée non polluée. Ils proviennent respectivement des avenues Biayi, de Prince et du Foyer. L'analyse des eaux de puits stipulent 14 ménages sur 53 utilisent l'eau des puits supposée polluée. Ces ménages proviennent successivement des avenues Biayi et Kashobwe. L'examen de l'eau des puits supposée non polluée indique que 11 ménages sur 53 emploient cette eau. Ils résident respectivement sur les avenues Dilolo et de Prince. De nos analyses, il se dégage que 14 ménages sur 53 consomment une eau impropre ; cette situation est liée au niveau socio-économique de ces ménages d'une part et le non approvisionnement de la Régideso d'autre part.

Qualité en eau d'approvisionnement des ménages des environs du secteur de la station-service Groupe Petro Petroleum (GPP)

De cette enquête, il se révèle que dans le secteur GPP, 64 ménages s'approvisionnent en eau pour la boisson, les travaux ménagers et autres besoins. Le tableau n°2 ci-dessous élucide les proportions des ménages qui utilisent l'eau de forages se trouvant dans le secteur de la station-service GPP. Le tableau n°2 ci-dessous illustre les caractéristiques des eaux de forages et puits consommés par des ménages pour différents besoins.

Tableau n° 2. Qualité de l'eau de la station-service GPP

Avenue	Ménages	Eau de forage		Eau de puits	
		Supposée polluée	Supposée Non polluée	Supposée Polluée	Supposée non polluée
Biayi	29	26	-	-	3
Dilolo	10	10	-	-	-
Kabwit	15	7	-	8	-
Libération	10	10	-	-	-
Total	64	53	-	8	3
Pourcentage	100	82,8	-	12,5	4,7

Source : Traitement Sangwa 2018-2019

Ce tableau renseigne que 53 ménages sur 64 soit 82,8% utilisent l'eau de forage supposée polluée se trouvant dans l'enceinte de la station-service GPP ; l'eau de ce forage est supposée polluée par le réservoir de carburant de manière souterraine. Ces ménages proviennent respectivement des avenues Biayi, Dilolo au Nord de l'avenue du Trente Juin, Kabwit, Liberation. 12,5% des ménages emploient l'eau de puits supposée polluée résident sur l'avenue Kabwit. Ces puits sont contaminés par la station-service GPP qui représente l'épine dorsale de la contamination sur cette partie. L'utilisation de cette eau contaminée est liée à l'absence de l'eau de la Regideso au niveau des robinets d'une part et le niveau socio-économique des ménages d'autres part. 4,7% ménages utilisent l'eau de puits non polluée ; ces ménages se localisent essentiellement sur l'avenue Biayi.

Qualité des eaux dans les sources d'eau situées dans les environs des stations-service étudiées

Les paramètres physico-chimiques et organoleptiques des eaux des puits et de forages ont fait l'objet de la préoccupation de cette étude sur la qualité de l'eau de deux secteurs d'enquêtes (Bon Berger et GPP). Les résultats sont présentés dans les lignes qui suivent de deux secteurs Bon Berger et Groupe petropetroleum.

Qualité organoleptique des eaux de puits et forages dans les secteurs Bon Berger et GPP

Dans ces deux secteurs, Bon Berger et Groupe Petro Petroleum (GPP), 25 échantillons ont été prélevés dans 17 puits et 8 forages. Les aspects qui ont été analysés sont entre autres, la couleur, l'odeur, le goût ou saveur de l'eau. Dans le secteur Bon Berger, Les prélèvements ont été effectués dans 3 puits et un forage. Les résultats sont consignés dans le tableau n°3 ci-dessous.

Tableau n° 3. Caractéristiques organoleptiques des eaux de puits et de forages du secteur de la station-service Bon Berger

Avenue	Latitude	Longitude	Altitude	Numéro de L'échantillon	Caractéristiques organoleptiques			Substances polluantes
					Goût	Couleur	Odeur	
Biayi	-11 64 079	27°46' 526''	1233m	PKSB 1	Mauvais goût	Incolore	Mauvaise odeur	Infiltration de particules de surfaces
Biayi	-11 64 006	27°46' 495''	1232m	FKSB2	Excellent	Incolore	Inodore	-
De Prince	-11 64 085	27° 46' 485''	1235m	PKSB3	Bon goût	Incolore	Inodore	-
Kashobwe	-11 64 071	27°46 ' 438''	1226m	PKSB4	Mauvais goût	Jaunâtre	Mauvaise odeur	Eaux des surfaces

Source : Enquête Somp 2018-2019

L'observation du tableau n°3 révèle que les échantillons prélevés dans le secteur Bon Berger, sur l'avenue Biayi du Puit Secteur Bon Berger (PSB1) ont un mauvais goût et une mauvaise odeur mais incolore ; l'eau de forage Secteur Bon Berger Forage (FSB2) de la station-service Bon Berger est une eau incolore, inodore et a un goût excellent. Tandis que sur l'avenue de Prince le puit Kalubwe Secteur Bon Berger (PSB3) a une eau incolore, inodore et a un bon goût ; le puit (PSB4) a une eau incolore et inodore et a un bon goût. Les eaux de deux puits sur les avenues Biayi et Kashobwe sont supposées polluées par autres substances qui proviendraient des infiltrations des eaux de surface. Seul le forage de la station Bon Berger présente les normes de potabilité de l'OMS et les eaux des puits se trouvant sur l'avenue de Prince sont supposées non polluées. La qualité organoleptique de l'eau de puits et forage varie selon le milieu d'étude.

L'observation du tableau n°3 révèle que les échantillons prélevés dans le secteur Bon Berger, sur l'avenue Biayi du Puit Secteur Bon Berger (PSB1) ont un mauvais goût et une mauvaise odeur mais incolore ; l'eau de forage Secteur Bon Berger Forage (FSB2) de la station-service Bon Berger est une eau incolore, inodore et a un goût excellent. Tandis que sur l'avenue de Prince le puit Kalubwe Secteur Bon Berger (PSB3) a une eau incolore, inodore et a un bon goût ; le puit (PSB4) a une eau incolore et inodore et a un bon goût. Les eaux de deux puits sur les avenues Biayi et Kashobwe sont supposées polluées par autres substances qui proviendraient des infiltrations des eaux de surface. Seul le forage de la station Bon Berger présente les normes de potabilité de l'OMS et les eaux des puits se trouvant sur l'avenue de Prince sont supposées non polluées. La qualité organoleptique de l'eau de puits et forage varie selon le milieu d'étude.

Qualité organoleptique des eaux de Puits et Forages dans le secteur GPP et Bon Berger

Dans le secteur GPP, les prélèvements ont été effectués dans 13 puits et 8 forages se trouvant dans le périmètre de la station-service dont l'un de forage se situe dans l'enceinte de la station-service. Le tableau n°4 ci-dessous présente la situation détaillée.

Tableau n°4. Caractéristiques organoleptiques des eaux de Puits et de Forages dans le secteur de la station-service Groupe Petro Petroleum (GPP) et Bon Berger

Avenue	Longitude	Latitude	Altitude	Numéros d'échantillons	Qualités organoleptiques			Substances polluantes	Source de pollution
					Goût	Couleur	Odeur		
Biayi	27°46'436"	-11°62'986"	1251m	FSG1	Excellent	Incolore	Inodore	-	-
Biayi	27°46'397"	-11°63'533"	1241m	PSG2	Bon	Incolore	Inodore	-	-
Biayi	27°46'378"	-11°63'717"	1233m	PSG3	Bon	Incolore	Inodore	-	-
Biayi	27°46'247"	-11°63'342"	1244m	PSG4	Bon	Incolore	Inodore	-	-
Biayi	27°46'406"	-11°63'540"	1241m	PSG5	Mauvais	Jaune clair	Mauvaise	Autres substances que le carburant	Eaux des surfaces
Biayi	27°46'416"	-11°63'322"	1239m	PSG6	Mauvais	Jaune clair	Très mauvaise	Autres substances autre que le carburant	Eaux des surfaces
Biayi	27°46'572"	-11°63'309"	1248m	PSG7	Bon	Incolore	Inodore	-	-
Biayi	27°46'399"	-11°63'358"	1243m	FSG8	Très mauvais	Incolore	Mauvaise	Carburants	Station-service GPP
Dilolo	27°46'529"	-11°63'263"	1249m	PSG9	Mauvais	Incolore	Inodore	-	-
Dilolo	27°46'563"	-11°63'357"	1243m	PSG10	Mauvais	Jaune clair	Très mauvaise	Autres substances que le carburant	Eaux des surfaces
Dilolo	27°46'563"	-11°63'357"	1243m	PSG11	Mauvais	Jaune clair	Très mauvaise	Autres substances que le carburant	-
Dilolo	27°46'561"	-11°63'885"	1243m	PSG12	Bon	Incolore	Inodore	-	-
Libération	27°46'029 "	-11°63'426"	1228m	PSG13	Bon	Incolore	Inodore	-	-
Libération	27°46'247 "	-11°63'342"	1244m	FSG14	Excellent	Incolore	Inodore	-	-
Libération	27°46'391"	-11°63'169 "	1249m	FSG15	Excellent	Incolore	Inodore	-	-
Libération	27°46'336 "	-11°63'331"	1241m	FSG16	Excellent	Incolore	Inodore	-	-
Kabwit	27°46'356 "	-11°63'316"	1245m	PSG17	Très Mauvais	Incolore	Mauvaise	Carburants	Station-service GPP
Kabwit	27°46'084"	-11°63'372"	1235m	PSG18	Bon	Incolore	Inodore	-	-
Kabwit	27°46'397"	-11°63'185"	1246m	FSG19	Excellent	Incolore	Inodore	-	-
Kabwit	27°46'413"	-11°63'407"	1242m	PSG20	Mauvais	Incolore	Inodore	-	-
Kabwit	27°46'259"	-11°63'404"	1240m	FSG21	Excellent	Incolore	Inodore	-	-

Source : Enquête Sompo 2018-2019

En observant le tableau n°4, on constate que 50% des puits ont des eaux d'un bon goût, inodores et incolores ; 28,57% ont des eaux de mauvais goût, une mauvaise odeur et ont une couleur jaune clair. Les puits du secteur GPP (PSG17) et de l'avenue Kabwit ont une eau qui dégage l'odeur du carburant (Essence) ; cette contamination proviendrait des fuites des réservoirs de la station-service GPP.

Quant aux eaux des forages de ce secteur, on constate que 85,7% ont un goût excellent, leurs eaux sont inodores et incolores. Seul le forage du secteur GPP (FSG8) qui se trouve dans l'enceinte de la station-service GPP a une eau incolore, mais dégagent une odeur du carburant. Cette zone est constituée de deux sources d'approvisionnement en eaux, (puits artisanaux et forages). La partie centrale au niveau de la station-service où est implantée des réservoirs de carburants considérés comme source de pollution se dirige vers le Nord-Ouest.

Analyse des paramètres physico-chimiques des eaux de Puits et Forages dans les secteurs Bon Berger et GPP

Le tableau n°5 ci-dessous présente, les paramètres physiques : le Potentiel hydrogène(pH) ; la Conductivité électrique (CE) ; Taux de solides dissous (TDS ; des eaux de puits et forages selon qui sont conformes ou non à la norme OMS. Dans le secteur Bon Berger, les prélèvements ont été effectués dans 3 puits et 1 forage.

Tableau n° 5. Variation des paramètres physiques du secteur Bon Berger
Source : Traitement Sangwa 2018-2019

Identification de l'échantillon	Potentiel hydrogène(pH)	Norme Potentiel hydrogène (pH)	Conductivité électrique (C.E)	Norme Conductivité Electrique (CE)	Taux de solides dissous (TDS)	Norme Taux de solides dissous (TDS)
		6,5-8,5		< 250µs/cm		<1000 $\frac{mg}{l}$
Puit Kalubwe Secteur Bon Berger 1	6,05	Non conforme	89	Conforme	58	Conforme
Puit Kalubwe Secteur Bon Berger 2	6,12	Conforme	85,9	Conforme	55	Conforme
Puit Kalubwe Secteur Bon Berger 3	6,75	Conforme	80,5	Conforme	53,3	Conforme
Forage Kalubwe Secteur Bon Berger 1	6,95	Conforme	100	Conforme	102	Conforme

En observant le tableau n°5, on constate que sur trois puits, deux puits sont conformes à la norme par rapport au pH et un puits est non conforme. Quant à l'eau de l'unique forage, les valeurs du pH, de la conductivité et de TDS sont conformes à la norme.

Le tableau n°6 regorge 14 puits et 7 forages. Il analyse les paramètres physiques tels que le pH, la conductivité électrique (C.E) et les totaux de solides dissout (TDS).

Tableau n°6. Variation de paramètres physiques du secteur GPP

Identification de l'échantillon	Potentiel Hydrogène (pH)	Norme potentiel Hydrogène (pH)	Conductivité Électrique (C.E)	Norme Conductivité Electrique (CE)	Taux du solide dissout (TDS)	Norme du Taux du solide Dissous (TDS)
		6,5-8,5		<250µs/cm		<1000 $\frac{mg}{l}$
Puit n°1	6,94	Conforme	65,2	Conforme	40,4	Conforme
Puit n°2	6,5	Conforme	113,8	Conforme	73,9	Conforme
Puit n°3	6,5	Conforme	161,4	Conforme	106,5	Conforme
Puit n°4	6,89	Conforme	186,4	Conforme	122,8	Conforme
Puit n°5	6,98	Conforme	46,9	Conforme	29,2	Conforme
Puit n°6	6,6	Conforme	189,2	Conforme	121,7	Conforme
Puit n°7	7,02	Conforme	246	Conforme	165	Conforme
Forage n°8	6,95	Conforme	157,1	Conforme	36,3	Conforme
Forage n°9	7,1	Conforme	164,4	Conforme	119,8	Conforme
Forage n°10	7,13	Conforme	309	Non conforme	189,3	Conforme
Forage n°11	7,3	Conforme	313	Non conforme	199,8	Conforme
Forage n°12	6,98	Conforme	157,1	Conforme	36,3	Conforme
Forage n°13	6,65	Conforme	160,5	Conforme	116,4	Conforme
Puits n°14	6,28	Non conforme	53,9	Conforme	24,8	Conforme
Puits n°15	6,03	Non conforme	65,8	Conforme	48,2	Conforme
Puits n°16	6,33	Non conforme	69,9	Conforme	49,9	Conforme
Puits n°17	5,45	Non conforme	57,7	Conforme	36,4	Conforme
Puits n°18	6,22	Non conforme	161	Conforme	94	Conforme
Puits n°19	5,85	Non conforme	48	Conforme	28	Conforme
Puits n°20	6,36	Non conforme	65,4	Conforme	40,8	Conforme
Forage n°21	5,45	Non conforme	158,3	Conforme	104,7	Conforme

Source : Traitement Sangwa 2018-2019

Le tableau 6 révèle que le pH des puits numéros 1 à 7 et les forages 8 à 13 ont des pH qui varient entre 6,5 et 7,3 ; leurs pH sont légèrement acides et neutres. Concernant les puits 14, 15, 16,18, 20 leurs pH varient entre 6,0 à 6,36 ; ce qui fait que ces eaux sont acides. S'agissant des puits numéros 17, 19 et le forage numéro 21 dont leurs pH sont inférieurs à 6,0 ; leurs eaux sont très acides. Le puit n°19 et le forage n°21 sont deux sources d'eaux qui ont été contaminées par le carburant provenant de la station-service GPP ; cette pollution due aux fuites dans le réservoir de carburant se propage dans le sous-sol et contamine les nappes voisines. Ces sources d'eaux ne répondent pas à la norme de potabilité.

Les valeurs de la conductivité électrique (C.E) sont conformes aux normes pour les puits et forages à l'exception des forages n°10 et 11 ayant de valeurs respectives de 309 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 313 $\mu\text{s}/\text{cm}$ qui sont supérieures à la norme ($<250\mu\text{s}/\text{cm}$). Cela signifie que ces eaux sont minéralisées.

Toutes les valeurs de taux du solide dissout (TDS) pour les puits et forages sont comprises entre 24,8 et 199,8 mg/l. Ces variations du taux sont inférieures aux normes ($<1000\text{mg}/\text{l}$) relevant que les taux sont conformes à la norme (OMS, 2004).

La teneur en métaux dans les Puits et Forages des secteurs GPP et Bon Berger

En observant le tableau n°7a ci-dessous on constate que les teneurs en Cu, Fe, Cd et en Cr sont inférieures à la norme de l'OMS dans tous les puits et forages avec des valeurs respectives inférieures à 2,0 ; 0,003 et 0,05 mg/l. La teneur en Mn est supérieure au norme OMS dans quelques puits à l'exception des puits du secteur GPP (PSG3), (PSG4), (PSG5), (PSG7), (PSG9), (PSG10) et (PSG14) est représentent 33,3% des puits analysés. Pour ce qui concerne les teneurs, tous les puits et forages ont des teneurs inférieures à 70 à 200 mg/l pour le Ca ; à 50mg/l pour le Mg et 200mg/l pour Na. Quant à la teneur en Zn, seul le puit PSG2 à une teneur de 17,09mg/l qui est largement supérieur à la norme OMS. S'agissant des teneurs en Al, seuls les puits PSG2, PSG3, PSG9, PSG12 et le forage FSG21 ont respectivement des teneurs supérieures à 0,2 mg/l de l'Aluminium. Quant à la teneur en Ni, seul le puits PSG9 et le forage FSG21 ont respectivement des teneurs supérieures à 0,07mg/l, qui est la limite de la norme de l'OMS. Tous les puits et forages ont de teneurs inférieures en Cd, et en Cr. Les analyses des échantillons d'eau des puits et forages montrent des teneurs en Pb supérieures à la norme de 0,01 mg/l dans tous les puits et forages du secteur de la station GPP.

Tableau n° 7a. Teneur en métaux dans les Puits et Forages du Secteur station GPP

N° D'échantillon	Teneur en éléments métalliques en Plus Petite Molécule (ppm)											
	Cuivre (Cu)	Fer (Fe)	Manganèse (Mn)	Calcium (Ca)	Magnésium (Mg)	Zinc (Zn)	Sodium (Na)	Aluminium (Al)	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	Cadmium (Cd)	Chrome (Cr)
PSG1	0,007	0,065	<0,003	0,361	>25,28	0,052	6,218	<0,031	0,006	0,143	<0,002	<0,003
PSG2	<0,002	0,069	<0,002	0,026	0,431	>17,09	<0,001	5,2	<0,007	0,253	<0,001	<0,003
PSG3	0,014	<0,001	0,358	3,258	0,182	<0,004	1,697	0,311	<0,007	0,253	<0,001	<0,002
PSG4	0,041	<0,002	0,831	16,378	1,136	0,031	4,597	<0,032	0,057	0,143	<0,002	<0,001
PSG5	0,082	<0,004	0,639	17,32	6,807	0,261	6,397	<0,026	<0,008	0,163	<0,011	<0,003
PSG6	0,066	<0,002	0,149	1,41	0,321	<0,001	1,008	<0,022	<0,004	0,239	<0,001	<0,002
PSG7	0,065	<0,002	0,81	1,56	1,175	<0,001	3,502	<0,022	<0,007	0,214	<0,001	<0,002
PSG8	0,069	<0,002	0,241	1,047	0,504	<0,001	4,088	<0,022	<0,007	0,183	<0,001	<0,002
PSG9	0,095	<0,002	1,738	2,484	4,565	0,058	10,791	0,731	0,071	0,234	<0,001	<0,002
PSK10	0,072	<0,002	0,349	0,322	0,74	<0,001	2,534	<0,022	0,011	0,185	<0,001	<0,002
PSG11	0,067	<0,002	0,291	0,26	0,141	<0,001	1,361	0,135	<0,007	0,165	<0,001	<0,002
PSG12	0,064	0,037	0,2	0,395	0,278	<0,001	0,622	0,291	<0,007	0,201	<0,001	<0,001
PSG13	0,097	<0,005	0,311	1,068	0,624	<0,002	4,325	<0,032	<0,005	0,164	<0,002	<0,004
PSG14	0,067	<0,002	1,089	17,318	9,16	<0,001	5,497	<0,022	0,01	0,348	<0,001	<0,002
FSG15	0,049	<0,009	0,461	0,395	0,651	<0,001	2,647	0,055	<0,022	0,145	<0,007	<0,006
FSG16	0,071	<0,002	0,7	4,727	1,012	0,064	5,775	<0,022	0,008	0,135	<0,001	<0,002
FSG17	0,007	<0,002	0,377	1,273	0,576	<0,003	3,975	<0,021	<0,009	0,154	<0,001	<0,003
FSG18	0,069	<0,002	0,078	1,888	2,504	0,003	2,74	<0,022	<0,007	0,122	<0,001	<0,002
FSG19	0,084	<0,004	0,317	0,314	0,164	<0,003	1,417	0,165	<0,009	0,187	<0,002	<0,005
FSG20	0,065	<0,002	0,177	1,133	0,176	<0,001	3,515	<0,022	<0,007	0,128	<0,001	<0,002
FSG21	0,099	<0,005	1,347	2,978	4,864	0,008	4,249	0,834	0,083	1,584	<0,006	<0,008
Normes OMS (2004)	2	0,3	0,4	70 à 200	50	3	200	0,2	0,07	0,01	0,003	0,05

Source : Résultats des analyses physicochimiques

Tableau n°7 b : Teneur des métaux dans les eaux des Puits et des Forages du secteur de la station Bon Berger

Identification de l'échantillon	Teneur en éléments métalliques (ppm)											
	Cu	Fe	Mn	Ca	Mg	Zn	Na	Al	Ni	Pb	Cd	Cr
Puit secteur Bon Berger 1	0,065	<0,004	0,347	1,679	3,09	<0,011	3,019	<0,019	<0,009	0,134	<0,003	<0,003
Puit Secteur Bon Berger 2	0,066	<0,005	0,321	3,74	2,95	<0,012	2,657	<0,021	<0,003	0,114	<0,001	<0,002
Puit Secteur Bon Berger 3	0,062	<0,004	0,348	1,697	1,679	<0,022	1,785	<0,017	<0,009	0156	<0,004	<0,001
Forage Secteur Bon Berger	0,071	<0,002	0,420	22,46	7,61	0,299	7,534	<0,022	<0,007	0,158	<0,001	<0,002
Normes OMS (2004)	2	0,3	0,4	70 à 200	50	3	200	0,2	0,07	0,01	0,003	0,05

Source : Résultats des analyses physicochimiques

Les analyses de la teneur en métaux lourds du tableau 7b indiquent que tous les puits et les forages ont de teneurs anormales et inférieures en Cu, Fe, Ca, Mg, Zn, Na, Al, Ni, Cd et en Cr. La teneur en Mn est normale dans l'unique forage. Par contre, tous les puits ont de teneurs faiblement inférieures à la norme de l'OMS. La teneur en Pb est supérieure à la norme de l'OMS dans tous les puits et forage. La carte ci-dessous présente la cartographie des puits, forages et stations-service et révèlent les caractéristiques spécifiques en métaux lourds et les substances organiques.

Dans le secteur GPP, il se dégage un grand nombre des puits traditionnels et de forages. Comme présenté sur la figure 4.

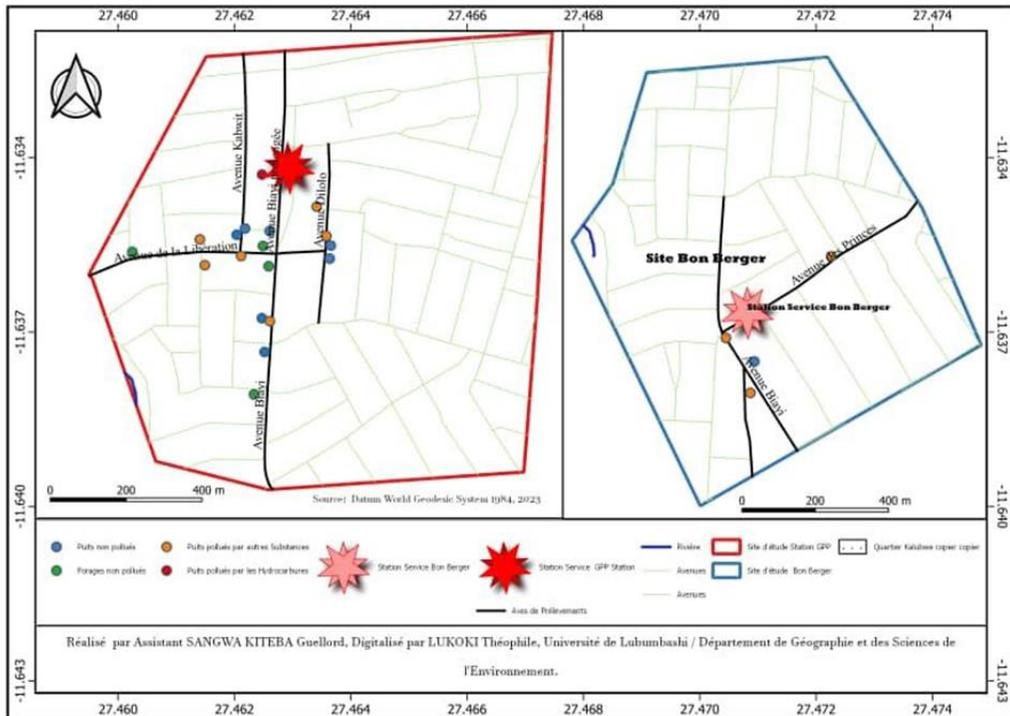


Figure 4 : Carte des points d'approvisionnement en eau dans les secteurs Bon Berger et GPP

La station-service GPP pollue la nappe jusqu'au environ de l'avenue Kabwit. Sur cette partie, les robinets sont rarement approvisionnés en eau par la Régideso. Cette situation pousse les habitants de ces parages a utilisés une eau plus accessible, nonobstant la qualité.

Dans la partie Sud-Est, on observe un essaimage lâche de puits par rapport au secteur GPP. Ces derniers concernent les puits des avenues Biayi, Kashobwe et de Prince. On constate au niveau de la station Bon Berger que la pollution des hydrocarbures n'a pas été constatée. Sur cette partie la contamination provient des eaux de surface (autres substances des eaux des pluies). Dans ce secteur le nombre de puits est faible. Cette situation est liée aux parcelles qui possèdent des robinets de la Régideso (Kanonga, 2018).

Résultats et Discussion

Les habitants du quartier Kalubwe sont exposés à d'énormes difficultés pour obtenir une eau de qualité et s'approvisionnent en eau des puits et des forages pourvu qu'ils étanchent leur soif et accomplissent leurs besoins ménagers (Sompo, 2019). Maoudombaye et al., 2016) renchérit que l'eau est

essentielle pour la vie, mais elle transmet des maladies dans les pays de tous les continents, des plus pauvres aux plus riches. Garantir aux pauvres une eau de bonne qualité est une mesure efficace de protection de la santé.

De cette étude, il ressort des paramètres analysés que les puits et forages de la stations-service GPP ont été contaminés par les hydrocarbures et cette station constitue l'épine dorsale de la pollution pour les puits en aval de celle-ci. Quant aux autres puits, ils sont contaminés par autres substances. L'analyse des eaux de forages répondent aux normes OMS à l'exception de la station GPP. *Mujinga (1997)* a évoqué les risques auxquels les habitants de la ville sont exposés en cas de la non-conformité des lois qui régissent le secteur. *Blaesius (1992)* stipule les risques auxquels les habitants sont exposés par rapport à la pollution des eaux souterraines due aux stations-service. *Hiegel (1995)* quant à lui, avait déjà révélé les risques liés aux stations-service à Strasbourg qu'il qualifia de risques technologiques mineurs. Pour *Asumani (2011)*, interpelle l'ignorance, la négligence de service chargé de l'environnement qui autorise les constructions, sans faire des études de l'emplacement, de la maintenance et le bon état de réservoirs de carburant ; on arrive à des situations qui mettent en danger la santé des populations.

Des enquêtes réalisées, il se dégage que certaines valeurs des eaux correspondent au pH des eaux naturelles (6,5-8,5) et semble provenir des aquifères carbonatés ou argileux dont leur pH se situe dans le domaine de $6,85 < \text{pH} < 7,35$ (*Nordine et al., 2015*). Certains puits et forages montrent une variabilité spatiale du pH par rapport à la norme OMS. D'après *Maoudombaye et al., (2015)* la nature de terrain traversé par les eaux est la cause naturelle de variations importantes du pH.

L'analyse des eaux des puits et des forages dans ces secteurs ont des valeurs inférieures en métaux lourds pour la majorité, mais ont tous un excès en Plomb dépassant la norme OMS (0,01 mg/L), élément chimique utilisé dans les industries et le carburant comme antidétonant ; il est très dangereux pour la santé. Selon *Piedrafita (2007)*, la station-service est une source importante des nuisances des sols et des eaux pour le voisinage direct. En effet, les métaux lourds se stockent principalement dans les reins et le cerveau chez l'homme. Ils peuvent affecter le système nerveux pour une exposition à des fortes doses et provoquer des nombreuses pathologies sévères, comme la sclérose en plaques, les maladies de neurones génératives (maladie d'Alzheimer et de parkinson), le cancer de poumon ; ils peuvent déclencher de troubles psychologiques et neurologiques comme l'autisme, la maladie de saturnisme. Comme dans les échantillons prélevés, la présence de Plomb est très répandue dans tous les puits artisanaux et les puits de forages dans ces secteurs d'étude et dépasse la norme OMS. Le plomb est un élément métallique très dangereux ; très lourd qui a tendance à s'accumuler dans les chaînes

alimentaires en provoquant des intoxications graves (*Van, 1990*). A forte dose, il est à la base du saturnisme.

Conclusion

Cette étude porte sur la qualité physico-chimique et organoleptique des eaux de puits artisanaux et de forages aux environs des stations-services Group petroleum et Bon Berger au Quartier Kalubwe. Suite aux difficultés d'approvisionnement en eau de qualités les habitants du Quartier Kalubwe s'approvisionnent en eau dans des puits artisanaux et dans des forages. De cette étude, il se dégage que tous les puits et forages dans ces secteurs ont des valeurs inférieures en métaux lourds pour la majorité, mais ont tous un excès en Plomb qui dépassent la norme OMS (0,01mg/L). Les puits des environs de la station-service Groupe Petropetroleum (GPP) ont été contaminés par les hydrocarbures. Quant aux autres puits, ils sont contaminés autres substances. L'analyse des eaux des forages répondent aux normes OMS à l'exception des eaux des puits et forages de la station GPP.

Pour être plus efficaces, les opérations de dépollution doivent être conduites, certes rapidement, mais aussi avec rigueur et méthode ; elles nécessitent en effet d'abord l'identification et la localisation précise de la fuite ; ensuite la reconnaissance détaillée de la zone polluée ; la mise en place des dispositifs de récupération (puits de pompe simple) et le contrôle analytique pendant plusieurs années des teneurs résiduelles en hydrocarbure dans l'eau.

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. Asumani, S., (2011). Qualité de l'environnement et santé de la population dans un milieu urbain d'Afrique tropicale : le cas de la ville de Lubumbashi. Thèse de doctorat en géographie, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, inédit.
2. Belghiti, L., Chahlaoui, A., El Moustaine, R., Bengoumi, D., (2013). Contribution à l'étude de la qualité bactériologique de l'eau des sources dans la ville d'Elhajeb (Région De Meknès-Maroc). *Larhyss Journal*, 14, pp 37-47

3. Blaesius, J., (1992). Station hors service, *dernières nouvelles d'Alsace*, 6 décembre, p. 4
4. Francois, A., (1974). *Stratigraphie tectonique et minéralisation dans l'arc cuprifère du Shaba*, Ed. Gisement stratiformes et provinces cuprifères, Liège.
5. Hiegel, C., (1995). *Au risque de la ville les stations-services à Strasbourg. Un risque technologique mineur*. Mémoire DEA, en géographie, UFR, Strasbourg,
6. Kanonga, M., (2018). Rapport de bureau du quartier Kalubwe, Document, inédit
7. Maoudombaye, T., Ndoutamia, G., Seid, A., Et Ngakoua, B., (2015). Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits, de forages et de rivières consommées dans le bassin pétrolier de Doba au Tchad, universités de Doba et de N'Gaoundéré. *Larhys journal ISSN*, Vol 3 n°24, pp 193-208.
8. Maoudombaye, T., Ndoutamia, G., et Ngakou, A., (2016). Evaluation de la qualité Bacteriologique des eaux de puits, de forages et de Rivières Consommées dans le Bassin Pétrolier de Doba au Tchad. *International Journal of Recent Scientific Research* 7(6), pp. 12236-12243.
9. Mujinga, K., (1997). *Répartition spatiale des stations-services dans l'espace urbain : cas de la ville de Lubumbashi*. Mémoire de fin d'études en géographie, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, inédit.
10. Mwanji, Y., (2014). *Répartition des stations-service dans l'espace urbain « cas de la ville de Lubumbashi »*. Mémoire de fin d'étude au Département de Géographie, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, inédit.
11. Nordine, N., Khattach, D., et Mohamed, O., (2015). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central Maroc). *Laboratoire des géosciences appliquée et Coste*. Vol 6 (4) p 1068-1081.
12. O.M.S (2004). Liens entre l'eau, l'assainissement, l'hygiène et la sante, *Ed. Incorporation*. Vol1. Genève.
13. OMS (2017). Directive de qualité pour l'eau de boisson : 4e éd. Intégrant le premier additif [Guidelines for drinking-water quality: 4th ed. incorporating first addendum] <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo>.
14. Piedrafita, C., Maria, V., (2007). *Pollution ponctuelle des sols : les cas des stations-services dans la région de Bruxelles*. Mémoire de fin

- d'étude en gestion de l'environnement. Université libre de Bruxelles, Bruxelles, Inédit.
15. Rapport Administratif (2018). *Mairie de la ville de Lubumbashi*.
 16. Rodolphe, C., Dirk, L., et Gert, M., (2004). Assainissement des sols des stations-services en Belgique, *Bofas ASBL*, 10 Décembre Bruxelles.
 17. Sacknann, L., et Zilliox, L. (1963). Pollution et protection des nappes d'eau souterraines. *Techniques et sciences municipales*. Vol, 6, p223-235.
 18. Sangwa, K., Musisilwa, L., Senga, I., Asumani, S., (2021). Impact de la Distribution spatiale des stations-service dans l'écosystème urbain de Lubumbashi en République démocratique du Congo. *European scientific journal*, ESJ February 2021 édition, Vol 17, n°7, pp 211-226.
 19. Sompo, K., (2019). *Qualité Physico chimique et organoleptique des eaux de puits et de forages aux environs des stations-service « Cas des stations-service Bon Berger et GPP au quartier Kalubwe »* Travail de fin bachelier, Université de Lubumbashi, Lubumbashi, inédit.
 20. Van, W., (1990). *La mesure de l'impact des polluants sur la santé*. Belgique.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Prise en Charge d'Une Déchirure Compliquée du Périnée Post Coital au Centre Hospitalier Universitaire de l'Amitié Sino-Centrafricaine

*Roch M'Betid-Degana
Gilles-Davy Kossa-Ko-Ouakoua
Durant Boris Poutou-Piri
Sabrina Ouapaou
Gamaliel Kerebi
Sandrine Sana-Ozako
Géniva Gracelia Vanciane M'Betid-Degana
Sifa Marcelline Balungwe
Apollinaire Hepatrud
Eugène Serdouma*

Travail du service de gynécologie et d'obstétrique

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p87](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p87)

Submitted: 20 July 2023

Accepted: 16 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

M'Betid-Degana R., Kossa-Ko-Ouakoua G.D., Poutou-Piri D.B., Ouapou S., Kerebi G., Sana-Ozako S., M'Betid-Degana G.G.V., Balungwe S.M., Hepatrud A. & Serdouma E. (2023). *Prise en Charge d'Une Déchirure Compliquée du Périnée Post Coital au Centre Hospitalier Universitaire de l'Amitié Sino-Centrafricaine*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 87. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p87>

Résumé

Introduction : La violence sexuelle d'enfants est une violation grave des droits fondamentaux de l'homme. Elle constitue un sujet de préoccupations de santé publique mondiale. But de l'étude : Dénoncer la violence sexuelle chez une mineure et informer les autorités sur l'ampleur du problème dans le pays. Observation : Nous rapportons un cas clinique de violence sexuelle compliqué d'une déchirure complète du périnée ainsi que de la cloison vésico-utérine chez une fille âgée de 10 ans. Ce cas est reçu en urgence au service de gynécologie-obstétrique du Centre Hospitalier Universitaire de l'Amitié Sino-Centrafricaine de Bangui. Une laparotomie est réalisée et les lésions réparées. Les suites opératoires étant simples à court terme, la victime est sortie après 15 jours d'hospitalisation. Cependant, un

syndrome de stress post-traumatique est décrit chez cette patiente avec une prise en charge psychologique. Discussion : Notre observation est discutée par rapport aux données de la littérature. Conclusion : La violence sexuelle chez les survivantes pédiatriques est de plus en plus fréquente dans le pays dans un contexte de post-conflit.

Mots clés : Déchirure complète compliquée, périnée, CHUASC

Management of Complicated Post Coital Perineal Tear at Centre Hospitalier Universitaire de l'Amitié Sino- Centrafricaine

Roch M'Betid-Degana

Gilles-Davy Kossa-Ko-Ouakoua

Durant Boris Poutou-Piri

Sabrina Ouapaou

Gamaliel Kerebi

Sandrine Sana-Ozako

Géniva Gracelia Vanciane M'Betid-Degana

Sifa Marcelline Balungwe

Apollinaire Hepatrud

Eugène Serdouma

Travail du service de gynécologie et d'obstétrique

Abstract

Introduction : Child sexual abuse is a serious violation of fundamental human rights. It is a subject of global public health concern. Purpose : Denounce sexual violence in a minor and inform the authorities of the extent of the problem in the country. Observation: We report a clinical case of sexual violence complicated by a complete tearing of the perineum as well as the vesico-uterine septum in a 10-year-old girl. This case was received urgently at the gynecology-obstetrics department of the Centre Hospitalier Universitaire de l'Amitié Sino –Centrafricaine in Bangui. A laparotomy is performed and the lesions repaired. The postoperative course being simple in the short term, the victim was discharged after 15 days of hospitalization. However, a post-traumatic stress syndrome is described in this patient with psychological care. Conclusion: Sexual violence among pediatric survivors is increasingly common in the country in a post-conflict context.

Keywords: Complicated complete tear, perineum, CHUASC

1. Introduction

La convention internationale relative aux droits de l'enfant exige aux Etats parties de prendre toutes les mesures législatives, administratives, sociales et éducatives appropriées pour protéger l'enfant contre toute forme de violence, y compris les violences sexuelles (MacPherson S, 1989). Cependant, chaque année des dizaines d'enfants à travers le monde notamment en Afrique sont victimes de violences en particulier les violences sexuelles et le nombre des cas ne cesse de croître (Forum Africain sur les Politiques de l'Enfance, 2013 ; Organisation Mondiale de la Santé, 2003 ; Putnam FW, 2003 ; Pereda N et al., 2009 ; Barth J et al., 2013 ; Lalor K, 2005 ; Ababa A et al., 2019 ; Disasa FA et al., 2020 ; Aydin B et al., 2015).

Après quelques décennies d'instabilité politico-militaire, la République Centrafricaine (RCA) ne fait pas l'exception. C'est ainsi qu'au total dans le service de gynécologie-obstétrique du Centre Hospitalier Universitaire de l'Amitié Sino –Centrafricaine (CHUASC) entre 2012 et 2022, 4 cas ont été recensés. Mais ce chiffre serait sous-estimé à cause de nombreux facteurs. Voici l'observation du dernier cas.

2. Observation

Il s'agit d'une victime âgée de 10 ans, se disant vierge, élève, demeurant au village Yômbô à PK15 route de M'baiki. Elle est référée par « *Médecins sans frontière Espagne* » du Projet TONGOLO Sis Centre Hospitalier Universitaire Communautaire (CHUC) de Bangui vers le service de gynécologie-obstétrique du CHUASC pour une prise en charge d'un traumatisme génital suite à une violence sexuelle survenue le 16 Février 2022 à 17 h 08 minutes.

Elle est sans antécédents pathologiques particuliers connus et n'a pas encore eu ses ménarches.

Anamnèse

De retour de champ seule dans l'après-midi du 16 Février 2022, elle est forcée par un homme âgé dont elle a reconnu le visage qui l'a conduite dans la brousse. Il l'a ensuite forcé à avoir des rapports sexuels avec lui. Suite au forfait, le bourreau l'a abandonné dans la brousse pour ensuite s'enfuir. Totalement épuisée du fait de la douleur et du saignement et ne pouvant se lever, elle est restée à gémir dans la brousse toute seule. Ce sont des passants qui l'ont retrouvé puis accompagné chez ses parents qui aussitôt l'ont conduit au CHUC en consultation médicale au Projet TONGOLO où elle a reçu les premiers soins (sérum antitétanique, anti rétroviral, antibiotique et anti inflammatoire).

Vu la gravité des lésions, elle est référée le même jour au Projet NENGO du Centre Hospitalier Universitaire de l'Amitié Sino-Centrafricaine (CHUASC) de Bangui pour une prise en charge adéquate.

Elle se plaint à l'arrivée de :

- Douleurs abdomino-pelviennes ;
- Hémorragie génitale.

Examen physique

Signes généraux

- Etat général conservé
- Bon état de conscience
- Sub-pâleur cutanéomuqueuse
- Température = 36,8°C
- Tension artérielle = 110 /70 mm Hg
- Pouls : 106 pulsations /min

Examen gynécologique sous anesthésie générale

- La vulve est souillée de sang rouge vif
- Un écartement doux et soigneux des cuisses en position gynécologique laisse découvrir une déchirure complète et compliquée du périnée avec disparition totale de l'hymen et délabrement du vagin. En recherchant le col utérin, des anses au niveau du vagin sont retrouvées.

Biologie

- GS : A/Rh : Positif
- Hémoglobine = 10 g/dl

Au terme de ce bilan lésionnel et biologique, une réparation par voie basse sous anesthésie générale est tentée après une asepsie rigoureuse quasiment impossible en présence du chirurgien viscéral. Un discret cri de l'ombilic est constaté d'où l'option de pratiquer une laparotomie. Un volume de 50 ml de sang est aspiré.

Deux perforations sont découvertes à l'exploration de la cavité péritonéale :

- Le cul-de-sac de Douglas large d'environ 5 cm ;
- Et la cloison vésico-utérine d'environ 3cm.



Figure 1. Déchirure complète et compliquée du périnée avec absence d'hymen, délabrement du vagin, perforation du cul-de-sac de Douglas avec présence de l'anse dans le vagin (R. M'BETID-DEGANNA et G.D. KOSSA-KO-OUAKOUA)



Figure 2. Déchirure de la cloison vésico-utérine (R. M'BETID-DEGANNA et G.D. KOSSA-KO-OUAKOUA)



Figure 3. Déchirure du cul-de-sac de Douglas
(R. M'BETID-DEGANNA et G.D. KOSSA-KO-OUAKOUA)



Figure 4. Réparation de la perforation du cul-de-sac de Douglas et de la cloison vésico-utérine par la voie haute et réparation du vagin, du périnée ainsi que du sphincter anal par la voie basse (R. M'BETID-DEGANNA et G.D. KOSSA-KO-OUAKOUA)

Une malformation utérine à type d'hypoplasie utérine de taille de 40 mm de long et 20 mm d'épaisseur est retrouvée. Un nettoyage abondant avec du sérum physiologique betadiné est réalisé.

Après inventaire du matériel, il est procédé à la fermeture de la paroi plan par plan. Aucun incident n'est survenu ni du point de vue anesthésique ni de celui chirurgical.

Il s'agit donc d'un polytraumatisme génital post-coïtal sur mineur.

Soins préconisés : hospitalisation en soins intensifs, surveillance des constantes hémodynamiques, réanimation hydro-électrolytique, couverture antibiotique (Ampicilline 1g toutes les 8 heures, Gentamycine 80 mg toutes les 24 heures, Métronidazole injectable 1g toutes les 12 heures) pendant 5 jours , anti-inflammatoire (Profénid suppositoire 1 suppositoire tous les soirs, Diclofenac 75mg toutes les 12 heures) et antalgique (Acupan injectable 1 ampoule toutes les 12 heures) pendant 3 jours , prise en charge psychologique. La reprise alimentaire s'est faite après reprise de transit.

Après 15 jours d'hospitalisation, la survivante est libérée et revue mensuellement pendant 6 mois puis tous les 3 mois pendant 1 an.

3. Discussion

Age de la patiente

Notre victime est un enfant âgé de 10 ans. Cela concorde avec les données de la littérature car la majorité des victimes de violences sexuelles est représentée par les enfants (Putnam FW, 2003 ; Pereda N et al., 2009 ; Barth J et al., 2013 ; Katharina H. et al., 2018). Ces derniers sont les plus exposés étant physiquement, mentalement, économiquement faibles. Ils sont ainsi vulnérables aux violences sexuelles.

Sexe

Le sexe féminin est largement dominant. Ce constat est partagé par de nombreux auteurs (Franke S et al., 2019; Keyser L et al., 2022). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le sexe féminin représente le sexe faible. Ainsi en cas de rapport de force déséquilibré entre la victime et son bourreau, une fille faible est ainsi facilement violée. Une autre raison peut s'expliquer que le sexe féminin est souvent appelé à exercer des fonctions seules dans notre contexte telles que les travaux champêtres, les ménages. Ces fonctions les exposent à des violences sexuelles comme le cas de notre survivante rentrant seule des champs à la fin d'après-midi.

Identité de l'agresseur

Notre survivante a reconnu le visage de son agresseur. Notre observation concorde avec celle de Bonnie qui souligne que les agresseurs connaissent souvent leurs victimes (Bonnie EC, 2005). Toutefois, il y'a aussi

des cas où les agresseurs et victimes ne se sont jamais rencontrés. Une plainte contre inconnu est déposée mais l'agresseur demeure introuvable à ce jour.

Types de violences sexuelles

Selon l'*Inter Agency Standing Committee (IASC)*, il existe six (6) principaux types de violences sexuelles : le viol, les agressions sexuelles, l'agression physique, le mariage forcé, le déni de ressources ; d'opportunité ou de services, les violences morales ; psychologiques et émotionnelles (Inter Agency Standing Committee, 2022). Le viol étant défini comme toute pénétration vaginale, anale ou buccale (même superficielle) sans consentement, à l'aide du pénis ou d'une autre partie du corps. Dans le cas de notre survivante, il s'agit d'un viol. Ce type de violences sexuelles est montré par d'autres auteurs (Franke S et al, 2019).

PEC médicale et psychologique

Elle est effectuée selon le modèle holistique de Panzi (Guichet unique ou *One Stop Center*) avec une prise en charge médicale proprement dite associant gynécologue et chirurgien viscéral sous anesthésie générale, une prise en charge psycho-sociale, une assistance légale et une réinsertion socio-économique (Keyser L et al., 2022 ; Bonnie EC, 2005 ; Mukwege D et al., 2016). La patiente est revue périodiquement en notre consultation et par les psychologues.

Séquelles

Un rapport traumatique simule une expérience malheureuse. L'accouplement ultérieur sera pénible psychologiquement et encore traumatique car la cicatrisation des lésions réparées entraîne généralement des fibroses d'où une diminution de l'élasticité du muscle vaginal qui sera responsable de dyspareunie et vaginisme. L'avenir obstétrical de notre survivante avec de tel dommage est réservé (fertilité garantie ?) d'où l'intérêt d'un suivi médical au long cours.

Conclusion

Les traumatismes génitaux chez les mineurs demeurent un réel problème en Centrafrique. Nous suggérons aux autorités de prendre des mesures correctrices envers les agresseurs de ces survivantes pédiatriques afin de protéger ces couches vulnérables de la société.

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.

Études humaines : L'étude a été approuvée par le comité d'examen "Projet Nèngo". Approbations obtenues auprès du comité d'examen institutionnel compétent et directives éthiques (consentement, anonymat, etc.) suivies.

References:

1. Ababa A, Assabu G, Tefera M, Abebe A, Busse H. L'ampleur des abus sexuels et leurs effets physiques chez les filles vues au Gandhi Memorial Hospital. *Ethiopia J Health Dev.* 2019 ;33(3).
2. Aydin B, Akbas S, Turla A, Dundar C, Yuce M, Karabekiroglu K. Abus sexuels d'enfants en Turquie : une analyse de 1002 cas. *J Forensic Sci.* 2015 ;60(1) :61-65. doi : 10.1111/1556.12566 – DOI – PubMed
3. Barth J, Bermetz L, Heim E, Trelle S, Tonia T. La prévalence actuelle des abus sexuels sur les enfants dans le monde : une revue systématique et une méta- analyse. *Int J Public Health.* 2013 ;58(3) :469-483. doi :10.1007/s0038-012-0426-1 – DOI – PubMed.
4. Bonnie EC. Les choses les plus importantes apprises sur la violence et les traumatismes au cours des 20 dernières années. *J Interpers Violence* 2005 ; 20 (1) : 119-26. doi :10.1177/0886260504268603.
5. Disasa FA, Belete YS, Aragaw YA, World AT, Kumsa AT. Violence contre les enfants et facteurs associés chez les élèves du secondaire à Jimma Town. 2020 [prépublication].
6. Forum Africain sur les Politiques de l'Enfance (ACPF). Vers une Afrique plus accueillante pour les enfants ; 2013. Disponible sur : <http://www.africanchildforum.org>.
7. Franke S, Kalweit C, Frey A, Heddergott H, Mitschke A, Wehrmeyer M, Heinrich N, Kroger C. Victimes d'actes de violences pendant la procédure de la loi de réparation des victimes – Caractéristiques des personnes affectées, actes, auteurs et prédicteurs pour la période jusqu'à la demande d'aide prévue par la loi. *Psychoter Psychosom Med Psychol.* 2019 ; 69 (3-04) : 105- 113. doi : 10.1055/a-0601-6701.
8. Hellwig K, Kroger C, Franke S, Wehrmeyer M, Heinrich N. Victimes mineurs d'actes violents dans le contexte de la loi sur la réparation des victimes. *Z Kinder Jugendpsychiatr Psychoter.* 2018 ; 46(2) : 123-132. doi : 10.1024/1422-4917/a000508.
9. Inter Agency Standing Committee. Vision and Strategy : Protection from sexual exploitation and abuse and sexual harassment (PSEAH). 2022-2026, 16 May 2022.

10. Keyser L, Maroyi R, Mukwege D. Violence à l'égard des femmes – Une perspective mondiale. *Obstet Gynecol Clin North Am.* 2022 , 49 (4) : 809 – 821.
11. Lalor K. Abus sexuel des enfants en en Afrique subsaharienne : implications de la protection de l'enfance pour les décideurs et les praticiens du développement. *Briefings Dev Res.* 2005 ;3 :0-25.
12. MacPherson S. La convention relative aux droits de l'enfant. *Soc Policy Adm.* 1989 ;23(1) :99-101. doi : 10.1111/j. 1467-9515.1989.tb00500.x – DOI.
13. Mukwege D, Berg M. Un modèle de soins holistique et centré sur la personne pour les victimes de violences sexuelles en République démocratique du Congo : le modèle de soins du centre à guichet unique de l'hôpital de Panzi. *PLoS Med.* 11 octobre 2016 ; 13(10) :e1002156.doi :10.1371/journal.pmed.1002156.
14. Organisation Mondiale de la Santé. Lignes directives pour la prise en charge médico-légale des victimes de violences sexuelles ; 2003. Disponible sur : <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42788>.
15. Pereda N, Guilera G, Fornis M, Gomez-Benito J. La prévalence des abus sexuels sur enfants dans la communauté et les échantillons d'étudiants : une méta-analyse. *Clin Psychol Rev.* 2009 ;29(4) :328. doi :10.1016/j.cpr.2009.02.007. – DOI – PubMed.
16. Putnam FW. Examen de la mise à jour de la recherche sur dix ans : abus sexuels sur les enfants. *J Am Acad pédopsychiatrie pour adolescents.* 2003 ; 42(3) :269-278. doi :10.1097/00004583-200303000-00006. – DOI – PubMed.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Apport de la Rééducation dans la Prise en Charge de la Lombalgie/Lomboradiculalgie Commune Chronique à Abidjan : Amélioration de la Douleur et de la Capacité Fonctionnelle dans 95% des Cas

Kouakou Ehaulier Soh Christian Louis

Service de Rhumatologie,
Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bouaké, Côte d'ivoire

Same Bebey Francine

Service de Rhumatologie,
Hôpital Laquintinie de Douala, Cameroun

Sougué Charles

Service de Médecine interne,
CHU Sourô Sanou de Bobodioulasso, Burkina faso

Seri Serge Landry

Service de médecine physique et réadaptation du CHU de Bouaké,
Côte d'ivoire

Yao Konan Joe Clauvis

Traore Aissata

Koffi Joseph Kan Enock

Goua Jean Jacques

Service de Rhumatologie,
Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bouaké, Côte d'ivoire

Goupille Phillippe

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire Tours, France

Daboiko Jean Claude Felix

Service de Rhumatologie,
Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bouaké, Côte d'ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p97](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p97)

Submitted: 01 August 2023

Accepted: 15 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Christian Louis K.E.S., Francine S.B., Charles S., Landry S.S., Clauvis Y.K.J., Aissata T., Enock K.J.K., Jacques G.J., Phillippe G. & Felix D.J.C. (2023). *Apport de la Rééducation dans la Prise en Charge de la Lombalgie/Lomboradiculalgie Commune Chronique à Abidjan : Amélioration de la Douleur et de la Capacité Fonctionnelle dans 95% des Cas*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 97. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p97>

Résumé

Objectif : Evaluer l'apport de la rééducation dans la prise en charge de la lombalgie/lomboradiculalgie commune chronique (LRCC). Patients et méthodes : Il s'est agi d'une étude prospective transversale allant du 1er janvier 2015 au 1er mai 2016 (16 mois), portant sur des cas de LRCC vu en rééducation au CHU de Cocody à Abidjan en Côte d'Ivoire. L'échelle Eifel a permis d'évaluer la capacité fonctionnelle des patients. Il s'agissait de comparer l'intensité de la douleur et de son retentissement fonctionnel avant et après rééducation. Résultats : Sur 1380 patients vus, 86 souffraient de LRCC (6,23 %) soit 46 cas de lombalgie isolée (53,5%) et 40 cas de lomboradiculalgie (46,5%). Leur âge moyen était de 49,9 ans +/- 11,7 (extrêmes : 14 et 71 ans) et le sex ratio de 0,43 (26 hommes et 60 femmes). Le nombre moyen de séances de rééducation effectué était de 13,5±5,2 (Extrêmes : 5 et 25) avec une durée moyenne de 1,6 mois ±0,7 (Extrêmes : 1 et 5). L'évolution clinique était favorable chez 82 patients (95,35%). L'échelle visuelle analogique (EVA) moyenne était de 6,3±2 avant la rééducation, et de 1,8±1,6 après rééducation. Le score moyen de l'échelle EIFEL était de 13,38±5,7 avant la rééducation et de 3,6±4,82 après rééducation. Il existait une amélioration statistiquement significative de l'intensité de la douleur ($p=0,02$), et de la capacité fonctionnelle des patients après la rééducation ($p=0,03$). Conclusion : Les patients souffrant de LRCC consultent dans un contexte hyperalgique et invalidant en rééducation au CHU de Cocody. Les séances de rééducation permettent une amélioration de la douleur et de la capacité fonctionnelle des patients.

Mots-clés: Lombalgie, lombosciatique, capacité fonctionnelle, rééducation

Contribution of Rehabilitation in the Management of Chronic Low Back Pain/Lomboradiculalgia in Abidjan: Improvement of Pain and Functional Capacity in 95% of the Cases

Kouakou Ehaulier Soh Christian Louis

Service de Rhumatologie,
Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bouaké, Côte d'ivoire

Same Bebey Francine

Service de Rhumatologie,
Hôpital Laquintinie de Douala, Cameroun

Sougué Charles

Service de Médecine interne,
CHU Sourô Sanou de Bobodioulasso, Burkina faso

Seri Serge Landry

Service de médecine physique et réadaptation du CHU de Bouaké,
Côte d'ivoire

Yao Konan Joe Clauvis

Traore Aissata

Koffi Joseph Kan Enock

Goua Jean Jacques

Service de Rhumatologie,
Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bouaké, Côte d'ivoire

Goupille Phillipe

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire Tours, France

Daboiko Jean Claude Felix

Service de Rhumatologie,
Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bouaké, Côte d'ivoire

Abstract

Objective: To evaluate the contribution of rehabilitation in the management of chronic low back pain/ lomboradiculalgia (LRCC). **Patients and methods:** This was a 16-month prospective cross-sectional study from January 1, 2015, to May 1, 2016, of LRCC cases seen in rehabilitation at the University Hospital of Cocody in Abidjan, Ivory Coast. The Eifel scale was used to assess the functional capacity of patients. The aim was to compare the intensity of pain and its functional impact before and after rehabilitation. **Results:** Of 1380 patients seen, 86 had LRCC (6.23%), i.e. 46 cases of isolated low back pain (53.5%) and 40 cases of lumbaradiculalgia (46.5%). Their mean age was 49.9 years +/- 11.7 (extremes: 14 and 71 years) and the sex ratio was 0.43 (26 men and 60 women). The average number of rehabilitation sessions

performed was 13.5 ± 5.2 (extremes: 5 and 25) with an average duration of 1.6 months ± 0.7 (extremes: 1 and 5). The clinical evolution was favorable in 82 patients (95.35%). The mean visual analog scale (VAS) was 6.3 ± 2 before rehabilitation, and 1.8 ± 1.6 after rehabilitation. The mean EIFEL score was 13.38 ± 5.7 before rehabilitation and 3.6 ± 4.82 after rehabilitation. There was a statistically significant decrease in pain intensity ($p=0.02$), and a statistically significant improvement in patients' functional capacity after rehabilitation ($p=0.03$). Conclusion: Patients suffering from LRCC consult in a hyperalgesic and disabling context in rehabilitation at Cocody. The rehabilitation sessions allow an improvement of the pain and the functional capacity of the patients.

Key words: Low back pain, lumbosciatica, functional capacity, rehabilitation

Introduction

La lombalgie/lomboradiculalgie commune chronique (LRCC) est un motif fréquent de consultation médicale [Konstantinou et al. (2008), Millogo et al. (1999), Ouédraogo et al. (2010), Gandema et al. (2012)]. En fonction des études, sa fréquence varie entre 1,2 et 61,7% [Konstantinou et al. (2008), Millogo et al. (1999), Ouédraogo et al. (2010), Gandema et al. (2012)]. En Afrique subsaharienne, la prévalence de la LRCC varie entre 8,3% et 61,7% et représenterait environ 60% des affections rhumatologiques à Abidjan en Côte d'Ivoire [Millogo et al. (1999), Ouédraogo DD et al. (2010), Gandema S et al. (2012), N'dri AM-L et al. (1999)]. Il s'agit d'une pathologie parfois hyperalgique invalidante, pouvant entraîner une altération de la qualité de vie du patient en impactant sur son état psychologique et la capacité fonctionnelle de son appareil locomoteur [Sougué et al. (2020)]. La prise en charge de la LRCC passe par des antalgiques et inflammatoires, la rééducation, les infiltrations et parfois la chirurgie [Sougué et al. (2021)]. La médecine physique et réadaptation occupe une place très importante dans le traitement d'une LRCC [Sougué et al. (2021), Tiaho et al. (2021), Khalfaoui et al. (2013)]. L'objectif de ce travail était d'évaluer l'apport de la rééducation dans la prise en charge des LRCC dans une population noire d'Afrique Subsaharienne.

Patents et methodes

Il s'est agi d'une étude prospective transversale sur une période de 16 mois allant du 1er janvier 2015 au 1er mai 2016, portant sur les patients souffrants de lombalgies/lomboradiculalgies communes chroniques (LRCC). Il s'agissait de patients noirs d'Afrique sub-saharienne vus dans le service de médecine physique et de réadaptation du centre hospitalier universitaire (CHU) de Cocody à Abidjan en Côte d'Ivoire. Nous avons inclus tout patient âgé de 18 ans ou plus, souffrant de LRCC qui avait accepté de participer à

l'étude. Les patients perdus de vue, et ceux vus dans un contexte traumatique ont été exclus de l'étude. Le diagnostic de la LRCC a été posé sur la base d'un examen clinique, biologique et radiologique.

Les données ont été recueillies lors de l'évaluation médicale. Une évaluation médicale initiale des patients a d'abord été effectuée. Ils ont ensuite bénéficié de séances de rééducation, et une réévaluation a été effectuée après ce traitement en médecine physique et réadaptation. Les séances de rééducation consistaient surtout en une physiothérapie et en une kinésithérapie. Il s'agissait de comparer l'intensité de la douleur et de son retentissement fonctionnel avant et après rééducation. Les caractéristiques épidémiologiques des patients que nous avons étudiées étaient : l'âge, le sexe, la profession, le niveau d'instruction, les antécédents, l'indice de masse corporelle (IMC). Les aspects cliniques étudiés étaient : la durée d'évolution, le type de radiculalgie et son caractère neuropathique [Bouhassira. (2005)], le diagnostic lésionnel à l'imagerie, le traitement reçu avant l'admission en rééducation, l'intensité de la douleur sur l'échelle visuelle analogique (EVA) au début et après rééducation, et la capacité fonctionnelle (Echelle Eifel) au début et après rééducation [Coste et al. (1993)]. Les données ont été analysés par le logiciel « EPI-INFO » dans sa version 7. Le seuil de signification lors des tests statistiques était fixé à 5%. Sur le plan éthique, la confidentialité et l'anonymat des personnes enquêtées ont été respectés.

Resultats

Sur 1380 patients reçus en rééducation pendant la période d'étude, 86 souffraient de LRCC (soit 6,2 %), dont quarante-six patients avaient une lombalgie isolée (53,5%) et 40 avaient une radiculalgie associée (46,5%). L'âge moyen de la population étudiée était de 49,9 ans +/- 11,7 avec des extrêmes de 18 ans et 71 ans. La tranche d'âge de 40-60 ans était la plus représentée (51 patients, soit 59,3%). Le sex ratio était de 0,43, soit 26 hommes et 60 femmes.

Concernant la profession des patients, 40,7% des patients était des fonctionnaires du secteur public, 24,4% étaient des femmes au foyer, 19,8% étaient des commerçants et les autres étaient soit retraités étudiants ou sans emploi. Concernant le niveau d'instruction, 21 patients avaient un niveau primaire (24,42%), neuf avaient un niveau secondaire (10,5%), 43 avaient un niveau supérieur (50,0%), et 13 patients n'étaient pas scolarisés (15,1%). Soixante-dix-neuf patients résidaient à Abidjan (91,9%) et les sept autres résidaient hors d'Abidjan (8,1%).

La durée moyenne d'évolution de la douleur était de 26,5 mois ± 27,4 avec des extrêmes de 3 et 120 mois. Le tableau I représente les caractéristiques cliniques de la population étudiée.

Tableau I: Caractéristiques cliniques de la population étudiée.

		Effectif (N=86)	Fréquence (%)
Mode de début	Brutal	35	40,7
	Progressif	51	59,3
Type de Radiculalgie	Pas de radiculalgie	46	53,5
	L5	19	22,1
	S1	19	22,1
	Cruralgie (L3/L4)	2	2,3
	Douleur neuropathique	25	29,07
Indice de masse corporelle	Normal	35	40,7
	Surpoids	28	32,5
	Obésité grade 1	11	12,8
	Obésité grade 2	9	10,5
	Obésité grade 3	3	3,5
Antécédent	Hypertension artérielle	22	25,58
	Diabète de type 2	3	3,5
	Drépanocytose SC	2	2,33
	Brulures épigastriques	25	29,07
Diagnostic Lésionnel	Lombarthrose	60	60,78
	Discopathie	38	44,2

Sur le plan thérapeutique, le nombre moyen de séances de rééducation effectué était de $13,5 \pm 5,2$ (Extrêmes : 5 et 25). La durée moyenne du traitement en rééducation était de 1,6 mois $\pm 0,7$ (Extrêmes : 1 et 5). Quarante-deux patients (95,34%) ont accusé une évolution favorable de leur état

clinique après le traitement en rééducation. Les autres avaient un état clinique stationnaire (4,6%). Les patients qui ont effectué plus de séances de rééducation étaient mieux améliorés que les autres sur le plan de la douleur ($p=0,03$), et de la capacité fonctionnelle ($p=0,02$). Il n'y avait pas de lien statistiquement significatif entre le diagnostic lésionnel radiologique et l'amélioration clinique des patients ($p=0,8$).

L'intensité moyenne initiale (avant la rééducation) de la douleur à l'EVA (Echelle visuelle analogique) était de $6,3\pm 2$ (Extrêmes : 2 et 10). L'intensité de la douleur à l'EVA (après la rééducation) était en moyenne de $1,8\pm 1,6$ (Extrêmes : 0 et 8). Il existait une baisse statistiquement significative de l'intensité de la douleur après la rééducation ($p=0,02$). La figure 1 représente la comparaison des EVA avant et après rééducation.

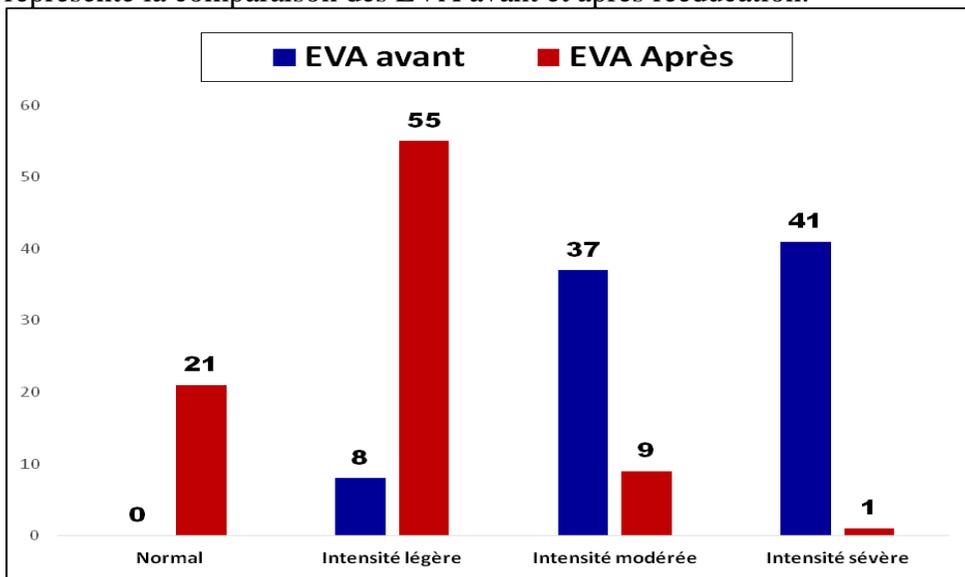


Figure 1. Comparaison des EVA avant et après rééducation montrant une différence significative ($p=0,02$).

Le score moyen initial à l'échelle EIFEL avant la rééducation était de $13,4\pm 5,7$ (extrêmes : 0 et 24). Ce score après la rééducation était de $3,6\pm 4,8$ (extrêmes : 0 et 20). Il existait une amélioration statistiquement significative de la capacité fonctionnelle des patients après la rééducation ($p=0,03$). La figure 2 représente la comparaison de l'échelle EIFEL avant et après rééducation.

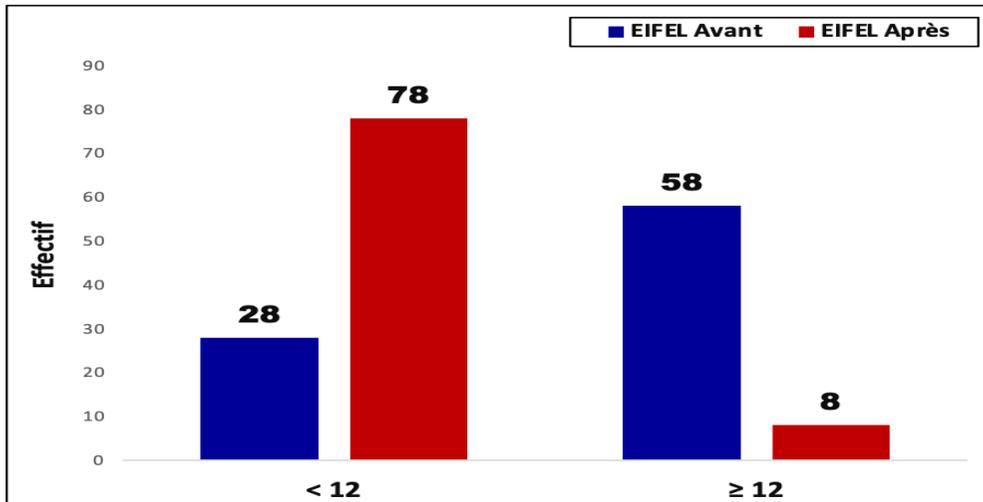


Figure 2. Comparaison de l'échelle EIFEL avant et après rééducation montrant une différence significative ($p=0,03$).

Discussion

Les caractéristiques épidémiolo-cliniques de la population étudiée corroborent les autres études africaines [Millogo et al. (1999), Ouédraogo et al. (2010), Gandema et al. (2012)].

En effet, il s'agit le plus souvent des femmes entre 40-60 ans, et les femmes au foyer occupent une grande place. Le rachis lombaire du sujet noir africain présente quelques particularités [Ouédraogo et al. (2010), Hanson et al. (1998), Sougué et al. (2020)].

Il existe une accentuation de la lordose lombaire physiologique, ce qui pourrait constituer un facteur de risque de lombalgie [Ouédraogo DD et al. (2010), Hanson P et al. (1998), Sougué et al. (2020)]. Et ce facteur anatomique semble plus accentué chez les femmes noires d'Afrique subsaharienne [Ouédraogo et al. (2010), Hanson et al. (1998), Sougué et al. (2020)].

Une grande proportion des patients qvqit avait une EVA de la douleur supérieure à 6 et associée à un retentissement fonctionnel important. La LRCC est effectivement une pathologie parfois hyperalgique invalidante et c'est souvent dans ce contexte que consultent les patients [Millogo et al. (1999), Ouédraogo DD et al. (2010), Gandema et al. (2012), N'dri AM-L et al. (1999)]. Sougué et al (2020) ont montré que la LRCC pouvait entraîner une importante altération de la qualité de vie du patient en impactant sur son état psychologique et la capacité fonctionnelle de son appareil locomoteur.

La prise en charge en rééducation a permis une amélioration significative de la douleur et de la capacité fonctionnelle des patients. Même s'il est difficile d'affirmer que l'amélioration clinique est uniquement imputable à la rééducation du fait de la méthodologie de l'étude, le rôle de la

rééducation n'est plus un débat dans la prise en charge des LRCC [Sougué et al. (2021), Tiaho et al. (2021), Khalfaoui et al. (2013)]. Cette étude permet donc de rappeler que la rééducation peut être une solution ou du moins doit être associée à la prise en charge de la LRCC. Selon les dernières recommandations, la prise en charge globale du patient est dite « bio-psycho-sociale », elle s'appuie sur une décision médicale partagée, et doit être centrée sur le patient : elle prend en compte le vécu du patient et le retentissement de sa douleur (dimensions physique, psychologique et socio-professionnelle) [Verdier et al. (2020)]. De ce fait, une collaboration multidisciplinaire impliquant médecins généralistes, orthopédistes, rhumatologues, rééducateurs, médecins du travail, chirurgiens, sociologues, psychologues et psychiatres est le plus souvent nécessaire pour une prise en charge holistique du patient souffrant de LRCC.

Conclusion

La LRCC est une pathologie fréquente en rééducation à Abidjan et touche surtout les femmes entre 40-60 ans. Les patients consultent le plus souvent dans un contexte d'hyperalgie et d'invalidité avec une composante neuropathique importante de leur douleur radiculaire. Une amélioration significative de la douleur et de la capacité fonctionnelle des patients a été notée après des séances de rééducation. Cette étude confirme que la rééducation est très importante dans le traitement de la LRCC. Elle fait partie intégrante de la prise charge globale « bio-psycho-sociale » du patient.

Études humaines : Cette recherche est conforme aux principes éthiques d'Helsinki pour la recherche médicale impliquant de sujets humains. Elle a été approuvée par l'organe institutionnel compétent de l'hôpital.

Financement : Nous déclarons n'avoir reçu aucun financement pour la réalisation de ce travail

Conflits d'intérêts : Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Disponibilité des données : Nos données sont disponibles aux archives des dossiers du centre hospitalier universitaire de Cocody. Nous n'avons pas de référentiel en ligne.

References:

1. Bouhassir, D. (2005). Le questionnaire DN4: le nouvel outil d'aide au diagnostic des douleurs neuropathiques. *Douleurs : Evaluation-Diagnostic-Traitement*, 6(5) :297-300.

2. Coste, J., Le Parc, JM., Berge, E., Delecoeuillerie, G., Paolaggi, JB. (1999). Validation française d'une échelle d'incapacité fonctionnelle pour l'évaluation des lombalgies (EIFEL). *Rev Rhum* ; 60 :335-41.
3. Gandema, S., Cessouma, KR., Dakouré, WP., et Nacro, B. (2012). Profil épidémiologique du handicap physique au Burkina Faso. *Médecine d'Afrique noire* ;59(11) :542-47.
4. Hanson, P., Magnusson, SP., Simonsen, EB. (1998). Differences in sacral angulation and lumbosacral curvature in black and white young men and women. *Cells Tissues Organs* ;162(4):226-231.
5. Khalfaoui, S., Mounach, A., Arabi, H., Ismaili, SA., Menabbou, M., Jemmouj, A. (2013). Place des différentes méthodes de rééducation dans la prise en charge de la lombalgie commune chronique. *Rev Mar Rhum* ; 24 : 32-8.
6. Konstantinou, K., Dunn, KM. (2008). Sciatica: Review of epidemiological studies and prevalence estimates. *Spine*; 33:2464-72.
7. Millogo, A., Bamouni, AY., Taoko, A., Ki-Zerbo, GA., Sawadogo, AB., Yameogo, A., Durand, G. (1999). Lombosciatiques: profil radioclinique et étiologique au centre hospitalier de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *Médecine d'Afrique Noire* ; 46(7).
8. N'dri AM-L. (1989). Contribution à l'étude épidémiologique des affections rhumatologiques en milieu hospitalier ivoirien : à propos de 2294 cas colligés au CHU de Cocody. Thèse Méd ; n° 1014.
9. Ouédraogo, DD., Ouédraogo, V., Ouédraogo, LT., Kinda, M., Tieno, H., Zoungrana, EI., Drabo, JY. (2010) Prévalence et facteurs de risque associés à la lombalgie chez le personnel hospitalier à Ouagadougou (Burkina Faso). *Médecine Tropicale* ;70(3) :277-80.
10. Sougué, C., Gbané-Koné, M., Kaboré, F., Tiendrébéogo, WJS., Servant, G., Cristina, E. (2021). Faisabilité, tolérance et efficacité des infiltrations épidurales par le hiatus sacrococcygien sous contrôle échographique. *Le rhumatologue* ; 108 : 6-11.
11. Sougué, C., Kaboré, F., Tiendrébéogo, WSJ., Ogoabiga AA, Zongo YE, Sompoudou C et al. Essai randomisé contrôlé comparatif des infiltrations épidurales en repérage anatomique par le hiatus sacrococcygien et par voie inter-épineuse. *Revue du Rhumatisme* 2020 ; 87 : A73-A74.
12. Sougué, C., Tiendrébeogo, J., Kaboré, F., Zongo, E., Ahongbonon, N., Sompoudou, C. (2020). Frequency and Factors Associated with Depression during Chronic Lumbosciatica in Sub-Saharan African Black Patients. *Open Journal of Rheumatology and Autoimmune Diseases* ; 10 (4):157-63.
13. Tiaho, Y., Tiendrébéogo, WSJ., Sougué, C., Kaboré, F., Savadogo, JE., Gandema, S., (2021). Kinesiophobia: frequency, associated

factors and impact on the life quality of participants with chronic low back pain in sub-saharan africa. *Wiad Lek.* ;74(12 p.1):3240-4

14. Verdier, J. (2020). Impact des recommandations HAS 2019 et place de la médecine physique et de réadaptation dans la prise en charge en soins primaires des patients présentant une lombalgie commune aiguë à haut risque de passage à la chronicité (Doctoral dissertation, Sarah Cheriet).[thèse med]. Rouen : UFR de santé Rouen Normandie.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

State of the Art and Contribution to the Documentation on Fishing, Aquaculture and on the Microbiological Profile of *Clarias Gariepinus* and *Oreochromis Niloticus* Two Species of Fish Reared in the Whedos of the Upper Ouémé Delta in the Republic of Benin

Kafilath Radji, Msc
Nicéphore M. Glodjinon, PhD
Brice A.M. Ohin, PhD
Noël S. Tovide, PhD
Pacôme A. Noumavo, PhD

Laboratoire de Microbiologie et des Technologies Alimentaires,
Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi,
Abomey-Calavi, Bénin

Lamine Baba-Moussa, PhD

Laboratoire de Biologie et de Typage Moléculaire en Microbiologie,
Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi,
Abomey-Calavi, Bénin

Farid Baba-Moussa, PhD

Laboratoire de Microbiologie et des Technologies Alimentaires,
Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi,
Abomey-Calavi, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p108](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p108)

Submitted: 09 August 2023

Accepted: 16 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Radji K., Glodjinon N.M., Ohin B.A.M., Tovide N.S., Noumavo P.A., Baba-Moussa L. & Baba-Moussa F. (2023). *State of the Art and Contribution to the Documentation on Fishing, Aquaculture and on the Microbiological Profile of *Clarias Gariepinus* and *Oreochromis Niloticus* Two Species of Fish Reared in the Whedos of the Upper Ouémé Delta in the Republic of Benin*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 108.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p108>

Abstract

Fish is an important source of animal protein in Africa and is used in the composition of several national dishes. This literature review examines fishing, aquaculture and fish reared in the whèdos of the upper Ouémé delta

in Benin. It addresses socio-economic aspects, nutritional importance and traditional fish preservation technology. The sources of information used are publications, books, reports of dissertations and theses and technical notes. It was found that *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*, among others, are two species of fish most often raised in the whèdos of the Ouémé River in Benin. These fish adapt to large variations of ecological factors of the aquatic environment found everywhere in Africa and reproduce easily in captivity, which favors their breeding in ponds. These species present multiple fish farming qualities: resistance to high densities, resistance to diseases and low oxygen levels, easy adaptation to artificial feeding and high growth. Microbiological contamination of fish flesh occurs only after capture and can be endogenous or exogenous contamination. Generally, several processes are used to overcome this problem of contamination of fish. Hot smoking and drying are very often used. The lack of hygiene in the traditional technology of smoking fish sometimes favor a considerable microbial contamination of the obtained products. Thus, contaminated fish can be the cause of foodborne diseases such as food poisoning. Most of the pathogenic strains responsible for these diseases are resistant to certain antibiotics.

Keywords: Whèdos, fishing, fish, microbiological profile, antibiotic resistance

1. Introduction

The development of fisheries must be accompanied nowadays by a diversification of fish species to be promoted with the domestication of indigenous species of the concerned farming areas (Houenou, 2019). As for fish farming, it should be developed by modifying and improving existing traditional extensive systems such as fish hole systems called in traditional language Whédos and Acadja (Toko et al., 2011; Kalikoski et al., 2018). Unlike acadjas, traditional fish holes inspire admiration and deserve to be developed and improved taking into account local realities (Elegbe et al., 2015).

In Benin, the practice of extensive fish farming in traditional fish holes or traditional ponds, based on the succession of floods and floods in the plains, has been developed for decades by the population (Elegbe et al., 2015). Its adoption has certainly increased production and made fish a little cheaper for consumers. According to FAO data, the total amount of fish available in Benin in 2019 is 79.84 million tons and are all destined for food with a consumption of 6.77 kg per person per year and a protein availability of 2 g per person per day (FAO, 2022). Fish farming, particularly of *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*, is gaining momentum because of the hardiness of these species as well as the quality of their flesh, which is

highly appreciated by the Beninese population (Kpoguè et al., 2012; Houenou, 2019). Therefore, it is advisable to pay special attention to these species and to identify the aggressions and factors that can hinder their breeding (Kpoguè et al., 2012; Kalikoski, 2018; Houenou, 2019).

According to Kpadonou et al (2012), fish farming in traditional holes called whédos generates regular income that not only mitigates farmers' vulnerability to climate risks, but also finances agricultural activities. These climatic risks result in post-capture losses and seriously affect the quality of the fish (Kpadonou et al., 2012; Hambrey, 2017). Smoking, which is a processing operation, is then the only means likely to alleviate this problem in order to preserve the nutritional quality of these fish (Degnon, 2014; Gamané, 2017). It has been practiced for generations in many regions of the world, for the preservation of several perishable products and for food diversification (INRAB, 2012; FAO, 2018). Smoking is often combined with cooking, drying and/or salting (Rivier et al., 2009; Nyebe et al., 2014).

It is therefore with the aim of drawing up an inventory of the level of development of fishing, aquaculture and the conditions and constraints of traditional farming of *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*, two species of fish farmed in the whedos of the upper Ouémé delta in Benin, that the present work has been written. It also presents the microbiological profile of these fish and discusses the resistance of pathogenic strains isolated from them to antibiotics.

3. General information on fisheries and aquaculture

3.1. Fisheries and Aquaculture in the world

Capture fisheries and aquaculture in the world provide about 143 million tons of fish for human consumption (FAO, 2012). Aquaculture alone provides 76% of global freshwater fish production (FAO, 2008). The fisheries and aquaculture sector is also a source of employment and income, providing livelihoods for 10-12% of the world's population (FAO, 2014; Hambrey, 2017). Global capture fisheries and aquaculture provided 167.2 million tons in 2014, of which 93.4% was produced by capture fisheries and aquaculture (FAO, 2008; Kalikoski et al., 2018). Other data estimate that over 90% of global production is for human consumption (FAO, 2018). Global trade in fish and fishery products has grown considerably in recent decades, with the quantities traded increasing from over 245% in 1976 to 515% in 2014 if only trade in fish for human consumption is considered (FAO, 2014; Hoag, 2017). Figure 1 show the per capita fish consumption per year worldwide from 2013 to 2015.



Figure 1. Fish consumption per person/year worldwide from 2013 to 2015 (FAO, 2018)

In 2016, the total number of people suffering from chronic undernourishment reached 815 million, compared to 777 million in 2015 (FAO, 2018). These data are nevertheless down from the year 2000, whose value was 900 million. The highest figures and percentages were recorded in Asia and Africa (Kolding *et al.*, 2016; FAO, 2018). In 2012, employment in this sector grew faster than the global population and nearly 60 million people were working in the primary sector. Also, 90% of this population were artisanal fishers and 15% of them were women. In post-capture activities such as smoking, on the other hand, women can make up to 90% of the workforce (FAO, 2012; Kalikoski *et al.*, 2018). Smoking is performed on gutted fish, opened and then placed on a wire mesh 30 cm from the embers (Ndrianaivo *et al.*, 2016). Whole smoked and dried fish are used to make broth or sauce to accompany rice. Storage conditions partly determine the shelf life of the products and thus the acceptability of the product. Although smoked and dried fish are consumed by most low-income households, they are less valued than fresh fish (Ndrianaivo *et al.*, 2016). Trade plays a major role in the fisheries and aquaculture sector as an employment creator, income generator, and driver of economic growth and development, as well as food and nutrition security. Fish and fishery products are one of the most heavily traded segments of the global food sector, with an estimated 78% of edible seafood products subject to international trade competition (Kurien and Lopez, 2013). Exports of fish and fishery products are critical to the economies of many countries and coastal, riverine, island, and continental regions (FAO, 2016). Expressed in value terms, global trade in fish and fishery products has also grown

significantly, as the value of exports increased from USD 8 billion in 1976 to USD 148 billion in 2014, representing an annual growth of 8.0% in nominal terms and 4.6% in real terms. Many developing countries experienced an increase in demand and imports in 2009. In the following two years, trade rebounded strongly, with overall growth of 15 percent in 2010 and 17 percent in 2011, reaching a value of US\$130 billion. Global commodity exports have grown strongly over the past 20 years, reaching USD 18 trillion in 2014, nearly four times the value recorded in 1995 (FAO, 2012). Artisanal fisheries contribute to the fight against poverty and food and nutrition insecurity and, are increasingly recognized for their value (Kurien and Lopez, 2013; FAO, 2014; Singleton et al., 2017). Table 1 describes fish consumption by continent in 2015.

Table 1. Fish consumption by continent in 2015 (FAO, 2018).

Region/economic grouping	Total fish consumption (millions of tons)	Fish consumption per capita (Kg/year)
Worldwide	148,8	20,2
World (excluding China)	92,9	15,5
Africa	11,7	9,9
North America	7,7	21,6
Latin America and Caribbean	6,2	9,8
Asia	105,6	24,0
Europe	16,6	22,5
Oceania	1,0	25,0
Developed countries	31,4	24,9
Least developed countries	12,0	12,6
Other developing countries	105,4	20,5
Low income countries	20,8	7,7

3.2. Fisheries and aquaculture in Africa

The African continent's fisheries production was estimated at over 9.7 million tons in 2012, or nearly 6% of global production (FAO, 2016). Africa's contribution to global fish production has increased over the past decade from 1.2% to 2.2%, largely due to the rapid development of freshwater aquaculture in sub-Saharan Africa (FAO, 2012; Kolding et al., 2016). Africa has considerable opportunities to develop aquaculture but has not exploited this technology to any significant extent. Less than 5% of Africa's aquaculture potential has been exploited (World Fish Centre, 2005; Kolding et al., 2016). The proportion of smoked fish in Africa is higher than the global average, at 14% of total global production (Kolding et al., 2016).

Total domestic catches decreased by 0.3 million tons in Asia, while they increased by 0.1 million tons across all African countries (FAO, 2012). In African countries, as in many countries around the world, fisheries and aquaculture play an important role in providing animal protein for food (Keita, 2005; FAO, 2008). More than 200 million Africans regularly consume fish either fresh, or most often smoked or dried (World Fish Centre, 2005; Yvette et al., 2016). In Africa, a distinction is made between artisanal and industrial fishing. Indeed, artisanal fisheries contribute to poverty alleviation and food and nutritional security (FAO, 2014). Africa is currently experiencing a crisis in the availability of fish while it is the region of the world with the lowest per capita consumption of fish. This decline is mainly due to stagnant catches while the population continues to grow. To maintain the current level of fish availability in sub-Saharan Africa (6.6 kg/person/year), production (capture fisheries and aquaculture) will have to increase by 27.7 percent by 2015. This percentage was calculated based on an average annual population growth rate of 1.9% over the period 2002 to 2015 (World Fish Centre, 2005). Total domestic catches decreased by 0.3 million tons in Asia, while they increased by 0.1 million tons across all African countries (FAO, 2012; Kolding et al., 2016). About 12.3 million people living from fishing in Africa are in the artisanal fishing sector with more than 7.53 million fishermen and 2.3 million women. This artisanal activity therefore constitutes a means of living and above all a livelihood for millions of families in Africa (CAOPA, 2015).

3.3. Post-catch losses in the fishery

Post-catch losses are a recognized problem in the subregion. In Sub-Saharan Africa, about 25% of fish is lost due to lack of effective means of conservation and processing (FAO, 2018). Some estimates give post-harvest losses of between 20-25%, and as high as 50%, with quality degradation accounting for up to 70% of these losses (Akande and Diei-Ouadi, 2010). Dried fish products frequently suffer severe losses due to fly infestation, which contributes to the degradation of the fish flesh. Dried fish contaminated with both insects and harmful insecticides accounts for about 80% of total dried products which could cause a public health problem for consumers (Shiv et al., 2018).

3.4. Fishing and aquaculture in Benin

3.4.1. History and evolution of fishing in Benin

Fishing in Benin is divided into two main areas :

- ❖ Inland fishing (lakes, lagoons, rivers etc....) represents about 79% of the national fisheries production with a value of 38,706 tons in 2011 (INRAB, 2012). According to the DIPA program (2016), artisanal

fishing is practiced from 80 camps scattered in the three coastal departments of Benin including 51 camps for Atlantic; 23 for Mono and 6 for Ouémé. The face of artisanal fishing has changed significantly between 2012 and 2016. The boats operating on the Beninese coast are all made of wood, monoxies or improved monoxies of the Ghanaian type. Depending on the size and use of the boat, the hull is raised by an additional planking attached to the upper part of the hull. They can be classified into four main categories:

- The pirogues used by Fanti fishermen with bottom-set gillnets. They are between 4 and 8 m in length overall, 0.80 to 1 m wide and 50 to 60 cm deep. Most of them are propelled by paddle or square sail. The rare outboard motors used have a power of 8 horsepower.
- The pirogues used for hand-line fishing, with an overall length of 8 to 12 m and a width of 1 to 1.25 m for a depth of 50 to 80 cm. These pirogues are equipped with removable isothermal containers for the conservation of the catches on board during the whole tide (one week). They are propelled by outboard motors of 15 to 25 horsepower.
- The pirogues fishing with sardinella nets, beach seines or shark nets are 9 to 14 m in length overall, with a width of 1.25 to 1.60 m and a depth of 60 to 80 cm. The commonly observed propulsion method is the outboard motor of 25 to 40 horsepower.

Semi-decked pirogues using the "washa" rotating and sliding seine, with a length of 12 to 16 m by a width of 1.25 to 1.65 m for a depth of 80 to 90 cm. They are equipped with 40 horsepower outboard motors. They can be equipped with isothermal containers for hand-line fishing and/or bottom-set gillnet fishing.

Continental fishing is of particular importance in Benin. It is practiced in the numerous bodies of water in the south where a traditional fish farming technique called "Acadja" has also been developed. At all levels, inland fishing exceeds maritime fishing (artisanal and industrial). There are nearly 49,000 fishermen operating on more than 26,700 monoxyle canoes. Production is currently around 37,500 tons, of which 6,000 tons come from Acadja. The majority of the vessels currently operating are from Nigeria. The funds exploited are practically the same as in maritime artisanal fishing, i.e., the area within 5 nautical miles of the coast.

- ❖ Maritime fishing (21%) of the national fisheries production which is characterized by industrial maritime fishing (10% catches at sea) and artisanal maritime fishing (90% catches at sea) (INRAB, 2012). Industrial fishing in Benin is very little developed. The fishing effort

hardly exceeds 40 trips in a year; the annual production, on average 630 tons over the last eleven years, represents only 8% of the total marine fishery (DIPA, 2016). The majority of the vessels currently operating are from Nigeria. The funds exploited are practically the same as in maritime artisanal fishing, i.e., the area within 5 nautical miles of the coast.

3.4.2. Fishing in Lake Nokoué

Lake Nokoué is one of the largest inland water bodies in Benin. Located north of the city of Cotonou, it covers 150 km². It is limited to the west by the city of Abomey-Calavi, to the east by the lagoon of Porto-Novo to which it is connected by a channel, to the north by the floodplain of the rivers Ouémé and So and to the south by the city of Cotonou and connected to the Atlantic Ocean by a channel.

Lake Nokoué benefits from the humid tropical climate of southern Benin. The temperature of its waters, which are alternately fresh and brackish, varies between 27 and 29° C. Although it is fished all year round, its waters are most productive during the low water period, from November to June. The catches of Lake Nokoué are multispecific with largely sedentary species to which are added two migratory species thanks to its connection to the ocean through the channel. They have been increasing continuously for the last 3 to 4 years. Three groups of species are dominant (about 85% of the catches): cichlidae, clupeidae and crustaceans. In the absence of a series of reliable statistical data, it is difficult to make a statement on the state of the resources of Lake Nokoué. It can only be stated that the increase in the number of fishermen observed over the last few years is putting these resources under strong pressure. Currently, the lake is exploited by nearly 12,000 fishermen belonging to the Toffin (the majority of the population living in the lake villages), Xwlah, Pédah and Aïzo ethnic groups (in the peripheral villages): More than 10,000 pirogues are active in the area; For the fishermen living on the lake, fishing as the main activity is supplemented in increasingly considerable proportions by trade with Nigeria by lake route. Those living around the lake combine fishing, farming and trading (DIPA, 2016).

Fishermen use simple but diverse techniques that can be grouped into five categories: set nets, cast nets, acadja, pots, and longlines. These techniques are used by fishermen individually or in small teams (2 to 3 people). Another traditional fish farming technique called fish hole is practiced in the area.

3.4.3. Fishing in other water bodies

In 2012, Lake Ahémé witnessed the development of acadja parks and dams that occupy 80% of the surface area of the water body. The entire population is practically occupied by these activities, with the poorest fishermen no longer finding room to operate with other gear preferring to work in the parks as laborers for a better income. Despite the large number of boats with a figure of nearly 9,200 and fishermen with about 8,500 people, production is low and has shown a slight decline between 2011 and 2012, from 4,800 tons to 3,700 tons.

The Ouémé River flows into Lake Nokoué and the Porto-Novo lagoon which serve as a relay to the sea. Production increased from 2,000 t in 2011 to 2,800 t in 2012. Due to its length, depth and fishery resources, it lends itself to the exploitation of acadja and fish holes, the use of longlines, pots, traps and landing nets. During the flood, its overflow enriches the floodplains. Almost all species can be found there with considerable fluctuation.

In the Porto-Novo lagoon (35 km²), some fishermen have abandoned fishing in favor of the exploitation of the lagoon's gravel and smuggling, which continues to grow. Nevertheless, we note the entry into the profession of new people, the fishing gear has become numerous, the parks cover the majority of the surface area of the water body. Between 2011 and 2012, production increased by almost 60%. It is mainly shrimp and crabs that are caught in the coastal lagoon. Fishermen are forced to head to the channel to catch medium-sized fish. The flooding enriches the lagoon with freshwater species such as clariidae, synodontis, schilbeictae, heterotis and machrobrachium. On Lake Doukonta, the regular presence of the hippopotamus prevents fishermen from staying in the water for long. In Lake Togbadji, many fishermen continue to use prohibited gear bringing in small species.

The Toho lagoon and Lake Hlan are covered with floating vegetation that tears nets and lets fish escape, even if they have already been removed. The areas covered by vegetation are sometimes abandoned by the fishermen, allowing the fish hidden under the vegetation to grow. Fishermen now spend much more time on field work given the low level of production (DIPA, 2016).

3.4.4. Study fish species

In the Beninese lake systems, several species of freshwater fish are encountered. However, certain species such as Tilapia or Carp (*Oreochromis niloticus*), and African Catfish (*Clarias sp*) are predominant. These fish species are widely abundant and the most processed in Benin and many African countries (Gamané, 2017).

- **Tilapia (*Oreochromis niloticus*)**

Now renamed *Oreochromis niloticus*, Tilapia (Figure 2) is a species of fish native to the warm waters of Africa that lives exclusively in freshwater. It belongs, like all other tilapias, to the family *Cichlidae*. It is found everywhere in Africa. Its habitat is limited only by the water temperature (18 °C minimum). This species is very undemanding in terms of food and living conditions. Indeed, many field and laboratory studies have shown that *Tilapia nilotica* is a species that adapts relatively to large variations in ecological factors of the aquatic environment and colonizes extremely varied environments. Tilapia represents the major species of African fish farming and, well beyond the tropical world (PRODEPECHE, 2009 ; Abert, 2018).



Figure 2. Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*)

- **African catfish (*Clarias gariepinus*)**

This species of fish belongs to the large family Clariidae. They are part of the order Cypriniformes and the suborder Siluroidei which includes 12 families characterized externally by a naked skin and by oral barbels. For West Africa, eight (8) families comprising twenty four (24) genera and one hundred and twenty four (124) species. The genus *Clarias* includes several large African species including *Clarias lazera* and *Clarias senegalensis* (Abert, 2018).

The African catfish (Figure 3), is widely distributed in Africa. It lives in tropical swamps, lakes and rivers and its production in Africa in 2000 was 131,819 tons (Abert, 2018). It is a fish that reproduces easily in captivity which favors its breeding in ponds. This species presents multiple fish farming qualities: resistance to high densities, resistance to diseases and low oxygen levels, easy adaptation to artificial feeding and high growth.



Figure 3. *Clarias gariepinus* (Catfish)

3.5. General information on fish holes or wharfs in the Ouémé delta

Fish holes represent a form of extensive fish farming encountered in Benin and are exploited by the peasant-fish farmers. They are traditional pond that used to be the most important method of fish production. There are two types of fish holes:

- Ahlos are channels dug on the banks of streams that have permanent communication with the stream. They are constructed perpendicular to the stream plane and are fed by tidal movement. According to Toko (2007), Ahlos are deep trenches covered with floating vegetation but are less developed in the Ouémé delta despite the quality of their water and their better fish yield.
- The whédos are excavations made near water bodies or in the flood plains of rivers. They fill up during floods and are naturally colonized by fish that remain trapped there at the time of the flood. However, they are different from the "ahlos", on the one hand, by the absence of communication with the channel of the river and on the other hand, by the water supply carried out through the flood caused during the overflow of the river. They can reach more than 1 km long, 3 to 5 m wide and 0.5 to 1.5 m deep. Like the "ahlos", they are covered by floating plants before their exploitation and therefore have a very low oxygen content.

3.5.2. Origin and history of fish holes

According to Houenou (2019), "whedo" type fish holes are initially either natural depressions or holes, ponds or ditches made in floodplains to trap fish during flooding. They are located in marshes where water can still be retained during the dry season. This innovation probably began during

the 19th century in the Ouémé Valley and, over time, has become increasingly popular. The "Ahlos" type fish holes were developed later after the "whédos" from 1945. These infrastructures allow a very intensive use of the floodplains by promoting the fishing of fish in the trenches and the practice of irrigated crops. From the sixties, nets are used to carry out the fishing in these infrastructures instead of the previously used branches. In 1975, a major project for the management of the plains, which was to build canals that could be used by the "Ahlos", began, but few canals were built due to poor management. In 1980, methods of attracting fish in fish holes were developed. In addition, since 2000, in order to adapt to climatic changes, the realization of off-season crops on the dikes of the fish holes was developed. The first experiments of profitability of these infrastructures through the realization of a second harvest by a 2nd cycle of production began in 2005.

3.5.3. Advantages and disadvantages of extensive fish farming

Extensive fish farming systems are second-tier users of the water resource, i.e. they do not consume enough water as do intensive and semi-intensive systems that require water to be added at regular intervals. These systems have no impact on water availability for human consumption and crop development. They do not require technical skills or heavy investments. They do not involve the use of feed, but use the primary production of the water bodies, unlike semi-intensive and intensive systems that use fertilizers or artificial feed. Thus, these systems modify the environment little and can, in some cases, create natural conditions favorable to the repopulation of natural populations. This system increases the availability of native species. In sum, extensive fish farming is a more environmentally friendly activity, capable of producing organic fish. It is a less expensive and less polluting alternative to other forms of fish farming existing today. Therefore, extensive systems can have three objectives: (i) restocking of natural populations that have been reduced by environmental alterations, including degradation of critical habitats for reproduction; (ii) acclimatization of exotic species or populations to create new stocks that are more interesting than the native ones; (iii) simple rearing of a stock by rearing from the natural environment, often leading to overcrowding. However, extensive fish farming is dependent on the climate and could therefore not be controlled by the producers. The production from the activity may be in surplus as harvesting can take place in a considerable amount of time in a considerable number of water bodies; this would create a market disposal problem (Houenou, 2019).

4. Importance and technology of fish conservation

4.1. Nutritional importance of fish

Fish remains a source of animal protein with high nutritional value (Abelrahim *et al.*, 2012; Oladipo *et al.*, 2013; Kurien and Lopez, 2013). The protein content of fish exceeds that of beef, pork, and poultry meat. It is highly digestible and contains essential amino acids such as lysine, leucine, valine, arginine, methionine, tryptophan and histidine. It also contains polyunsaturated fatty acids of the n-3 series, precursors of prostanoids with an antithrombotic effect (Oladipo *et al.*, 2013). Fish is an important source of vitamins and minerals (Abdullahi *et al.*, 2001; Amiengheme, 2005). Over the past 50 years, the global supply of fish for human consumption has increased faster than the population. Over the period 1961 to 2013, it grew by an average of 3.2% per year, double the population growth, resulting in an increase in average per capita availability (Kurien and Lopez, 2013; FAO, 2016). Fish could play an important role in improving food security and nutritional status in Africa. It is an important source of protein and minerals for rural communities in all forms of consumption: fresh, dried or powdered (Tossougbo, 2017). Fish products are rich in vitamins. Fish has long been the only source of vitamin D and remains a notable supplement of B vitamins (B1, B2, B6, B12) for many communities. It contains vitamin A stored as retinol in the liver, intestines, pancreas and kidneys. The distribution of vitamin A between the liver and the viscera varies considerably from one species to another. Vitamins E and K are also present in fish flesh (Bourgeois, 2003; Oladipo *et al.*, 2013). Fish consumption is particularly valuable during pregnancy and then during the first two years of a child (the first 1,000 days) (FAO, 2014). In addition, its fats are excellent for health because they contain polyunsaturated fatty acids with the property of promoting the lowering of cholesterol levels. Fish is therefore recommended in the diet for the prevention of cardiovascular diseases. It contains interesting levels of phosphorus, calcium, magnesium and iodine (Ogbannaga *et al.*, 2009; Tossougbo, 2017). Micronutrient deficiencies affect hundreds of millions of people, particularly women and children in developing countries. More than 250 million children worldwide are at risk of vitamin A deficiency, 200 million people have goiter (20 million of whom have learning disabilities due to iodine deficiency), 2 billion (more than 30% of the world's population) lack iron, and 800,000 child deaths per year can be attributed to zinc deficiency. Fish could solve its micronutrient deficiency problems (FAO, 2014; Martin *et al.*, 2018). Processed fish is part of the staple diet in many tropical countries (FAO, 2016). Artisanal fish processing remains the most widely used method of fish preservation in Africa, despite several attempts to introduce freezing systems in these areas (Kéita, 2005). Traditional methods of processing fish

for direct consumption by drying, smoking or fermenting are still practiced in developing countries where good manufacturing and hygiene practices are respected. Smoking and drying, accounted for only 8.9 percent of the total volume of fish for human consumption in 2010, down from 10.9 percent in 2000 (Olsen et al., 2014; FAO, 2018). The FAO estimates that fish constitutes 22% of the protein ration in sub-Saharan Africa. However, in the poorest countries, this rate is reportedly higher than 50%, especially when other animal protein sources are inaccessible. In the coastal states of West Africa, where fish is important, the proportion of animal protein from fish is extremely high: 47 percent in Senegal, 62 percent in The Gambia, and 63 percent in Sierra Leone and Ghana (FAO, 2012; Kolding et al., 2016). Table 2 shows the nutrient composition of catfish per 100 g.

Table 2. Nutrient composition of catfish per 100 g (FAO, 2012)

Nutrients	Quantity	Unit
Protein	18,2	G
Iron	0,82	Mg
Calcium	9,0	Mg
Iodine	0,1	Mg
Potassium	32,1	Mg
Vitamin A	0,02	Mg
Vitamin B2	0,1	Mg
Vitamin B6	0,2	Mg

4.2. Socio-economic importance of fish

The added value of fish production averaged 21,564 billion CFA francs between 2000 and 2005, with 4,607 billion CFA francs coming from fresh fish and the remainder, approximately 16,956 billion CFA francs, from dried and smoked fish. Due to the lack of reliable statistics on the fishing sector in the national accounts, between 2000 and 2005 the contribution of fishing in value to GDP remained low. The average contribution to GDP over the six-year period is around 1.30 percent according to national accounts estimates. In the primary sector, also because of the strong contribution of food and industrial agriculture, its contribution remains low; it is around 3 percent of the primary sector. On the other hand, trend production figures seem to be fixed, although fishing activity is so widespread that it is carried out on a part-time basis by occasional fishermen who fish, consume and resell part of the product of their fishing (FAO, 2008).

4.2. Preservation of fish

Preservation is a means of stabilizing food, allowing it to be stored longer. The human diet depends on products of plant and animal origin. Preservation should be seen as a means of storing the surplus food available

at certain times for consumption during periods when food is scarce. Processed fish is part of the staple diet in many tropical countries. Thus, artisanal processing remains the most widely used method of fish preservation in Africa, despite several attempts to introduce freezing systems in these areas (FAO, 2008). Fish is a highly perishable commodity. It must be caught or purchased and quickly transported under good conditions and processed in efficient storage, processing and packaging facilities before being marketed. In particular, a number of very precise hygiene rules must be respected to preserve the nutritional quality and extend the shelf life of the products, to limit the action of bacteria responsible for their degradation and to avoid losses due to bad handling practices. Fish is usually distributed in one of the following forms: live, fresh, chilled, frozen, heat-treated, fermented, dried, smoked, salted, pickled, boiled, fried, freeze-dried, minced, powdered or canned. Some of these techniques are lacking in the Sahelian zone (FAO, 2012; Singleton *et al.*, 2017). In developing countries, less elaborate processing techniques such as: filleting, salting, canning, drying, and fermentation continue to be used. Over the past decade, fish processing has evolved, including in many developing countries, with a trend towards higher value-added products. Processing can range from preliminary operations (gutting, heading) or presentation in steaks to more elaborate methods of adding value such as breading, cooking or freezing of individual portions, depending on the product and its commercial value. Smoking, salting and drying are the main artisanal processing methods applied alone or in combination. Artisanal processing is a post-capture activity of the fishery, it remains a necessity to ensure animal protein coverage in developing countries (Oladipo *et al.*, 2013; Kurien and Lopez, 2013).

4.3. Smoking and drying technology for fish

Smoking consists of impregnating a foodstuff with the volatile principles constituting the smoke obtained during the combustion of wood by giving it a particular taste and color (Abdoullahi, 2019). Smoking has three main purposes:

- obtaining a color ranging from yellow to dark brown ;
- obtaining a characteristic taste of the smoked products ;
- prolonged preservation of the product due to the antioxidant and bacteriostatic action of the smoke (Degnon *et al.*, 2013; Abdoullahi, 2019).

4.3.1. Role, principle and importance of smoking

Smoking of fish is one of the most widespread conservation methods in Africa and is done in a traditional way (Degnon *et al.*, 2013). It affects the

color and provides a desirable flavor for the consumer (Ida and Nwankwo, 2013). Smoking encompasses different types of methods which, in tropical countries and in Africa in particular, do not necessarily correspond to true smoking but to cooking-smoking-drying. It allows fish to be preserved in areas where other techniques are not very effective because of high humidity. This method is mainly found in Africa, notably in Congo, Benin, Côte d'Ivoire, Chad and Senegal (FAO, 2008). In Benin, smoking is the most widespread artisanal fish processing technique (PRODEPECHE, 2009; INRAB, 2012). It concerns both fresh fish from the national artisanal fishery and it is estimated that about 50% of the fish processed by this method (PRODEPECHE, 2009).

4.3.2. Inputs, smoking materials and smoke characteristics

Different types of fuel are used to smoke fish in Benin, namely firewood. Thus, several species of tree are used, namely *Acacia nilotica*, which is abundant in almost all regions of Benin; other species of wood can also be used, notably *Balanites egyptiaca*, but the women processors consider that this species is likely to cause oedemas in the consumer and to give the product a bitter taste. Other women use *Salvadora persica*, *Acacia siberiana* and *Hephaenea thebaïca* palm nuts as fuel. For processors, the best fuel remains *Acacia siberina* (PRODEPECHE, 2009).

The smoke contains a significant amount of compounds from the incomplete pyrolysis at variable temperatures of the polysaccharides and lignin that constitute the wood. The polysaccharides are represented primarily by cellulose and hemicellulose 2 which form the "flesh" of the tree (Jean-Pierre, 2012). Wood consists of organic matter, mainly in the form of cellulose (about 50%), lignin (20-30%) and hemicellulose (15-25%) as well as mineral elements in very small quantities (1%) (Collet, 2000). Four elements contribute mainly to its chemical composition: carbon, oxygen, hydrogen, and nitrogen in much smaller proportions. The proportion of each element varies slightly depending on the wood species (Rogaume, 2009). Smoke contains hydrogen, carbon monoxide, carbonic acid, alcohols (methyl and ethyl), aldehydes (formic aldehydes), acetic acid and its counterparts (propionic, butyric valeric acids), ketones, cresols, guaiacols, tars, and creosote oils (Abdoullahi, 2019; Depo et al., 2019).

4.3.3. Types of smoking

There are generally three types of smoking (Abdoullahi, 2019; Depo et al., 2019).

Cold smoking: is the process of smoking fish at a temperature and time that does not cause significant coagulation of the proteins in the fish flesh, but will allow some reduction in water activity (Codex alimentarius, 2018). The temperature generally does not exceed 28°C. The fish does not

undergo any cooking (Pôle, 2010). Cold-smoked fish is more tender than hot-smoked fish, however this process does not allow a destruction of parasites possibly present in the product (FAO, 2016). In addition, this type of smoking requires a fairly long time. The low smoking temperature will not be able to destroy as effectively the microorganisms contained in the fish. The main bacteriological hazards associated with cold-smoked fish are pathogenic bacteria capable of growing under refrigeration temperatures, such as *Listeria monocytogenes* and *Clostridium botulinum* (Diop et al., 2010). In addition, cold-smoked fish must be refrigerated and does not last much longer than fresh fish. This process cannot be recommended as a method of preserving fish or meat in tropical or subtropical regions, as it only partially reduces the risk of bacteriological contamination (Werlich, 2001). Regardless of the type of smoking practiced, the quality of smoked fish depends on the nature of the wood used, the temperature of combustion of the wood, the molecules that compose the smoke, as well as the processing time, relative humidity, and ventilation (Nicolle, 2017; Razanamampy, 2018)

Hot smoking: is the process of smoking fish for an appropriate time and at a temperature sufficient to cause complete coagulation of the proteins in the fish flesh. The smoked fish is more or less cooked (60 -120 °C). Hot smoking is usually sufficient to kill parasites, destroy all non-spore forming bacterial pathogens and damage spores detrimental to human health (Abotchi, 2010; FAO, 2016; Codex alimentarius, 2018). Smoking is performed in conjunction with cooking. A gradual rise in temperature of the products is usually performed, which can reach 70-80°C at the end of the cycle. The texture of hot-smoked products is firmer than that of cold-smoked products (Pôle, 2010). This type of smoking is practiced in Benin and other tropical countries as well as in some European countries and the United States (Varlet, 2007; Abotchi, 2010; Salifou et al., 2020).

Smoking-drying: the product is smoked while hot, i.e. it is cooked, and then dried by continuing the smoking process; temperatures vary between 45 and 85°C. To do this, a slow-burning fire is first lit, using damp wood (at about 45°C). This produces a lot of smoke and forms a wet layer on the surface of the product, which accelerates the absorption of the smoke particles. The temperature is gradually increased (up to 85°C) by adding more and more oxygen. For fish, do not increase the temperature too quickly as the skin may tear and harden. Hardening can also occur when smoking meat. The product should then be cooked at about 85°C for a short period of time (2 to 4 hours). It must be taken into account that at these temperatures, the fat leaches out of the products and is lost. The fat content of the finished product will therefore be lower. After 2 to 4 hours at high temperatures, smoking is extended for a few hours at low temperatures

(50°C) and the product continues to dry slowly. Lower the temperature of the smoke by letting in less oxygen. Smoke the products at this low temperature until they are well dried. A cheaper solution is to use all or part of the solar heat. The finished product, smoked and dried, should be distinctly brown, well dried and have a hard structure. A well-dried product can be stored for several months.

4.3.4. Smoking stages

Artisanal smoking is done in three stages: pre-smoking (low fire), smoking (high fire) and drying (fire-smoked in the sun). These smoked fish are highly nutritious and contain unsaturated fatty acids, fat-soluble vitamins, essential minerals as well as proteins containing essential amino acids useful for humans (Ozogul and Balikci, 2013). There are generally two crucial steps in fish smoking processes. These are cooking and smoking itself. These steps follow each other in the traditional fish smoking technology diagram.

- **Cooking** : It consists in firming up the flesh. The height of the flames is maintained at a level that prevents the product from burning. Then, the fire is increased so as to obtain a high fire (at least 85%) for one to two hours (Bleu, 2006). The fish can also be preserved for two or three days by cooking in salt water. In this case, it is necessary to reheat from time to time to avoid the proliferation of bacteria. The cooked fish can be separated from the bones and dried, then ground into flour or made into pellets (Brigitte, 2007).
- **Smoking** : Smoking consists of producing smoke. It is often necessary to turn the fish to obtain a homogeneous product. The fire must be moderate (60°C) to continue the drying process. This is the most important phase from a technological point of view. It can last up to two days, depending on how long the product is to be kept. The longer it lasts, the drier the product will be and the later the quality deterioration will be. However, a product that is too dry will be brittle and crumble easily (Djinou, 2001). Figure 4 presents the technological diagram of traditional fish smoking

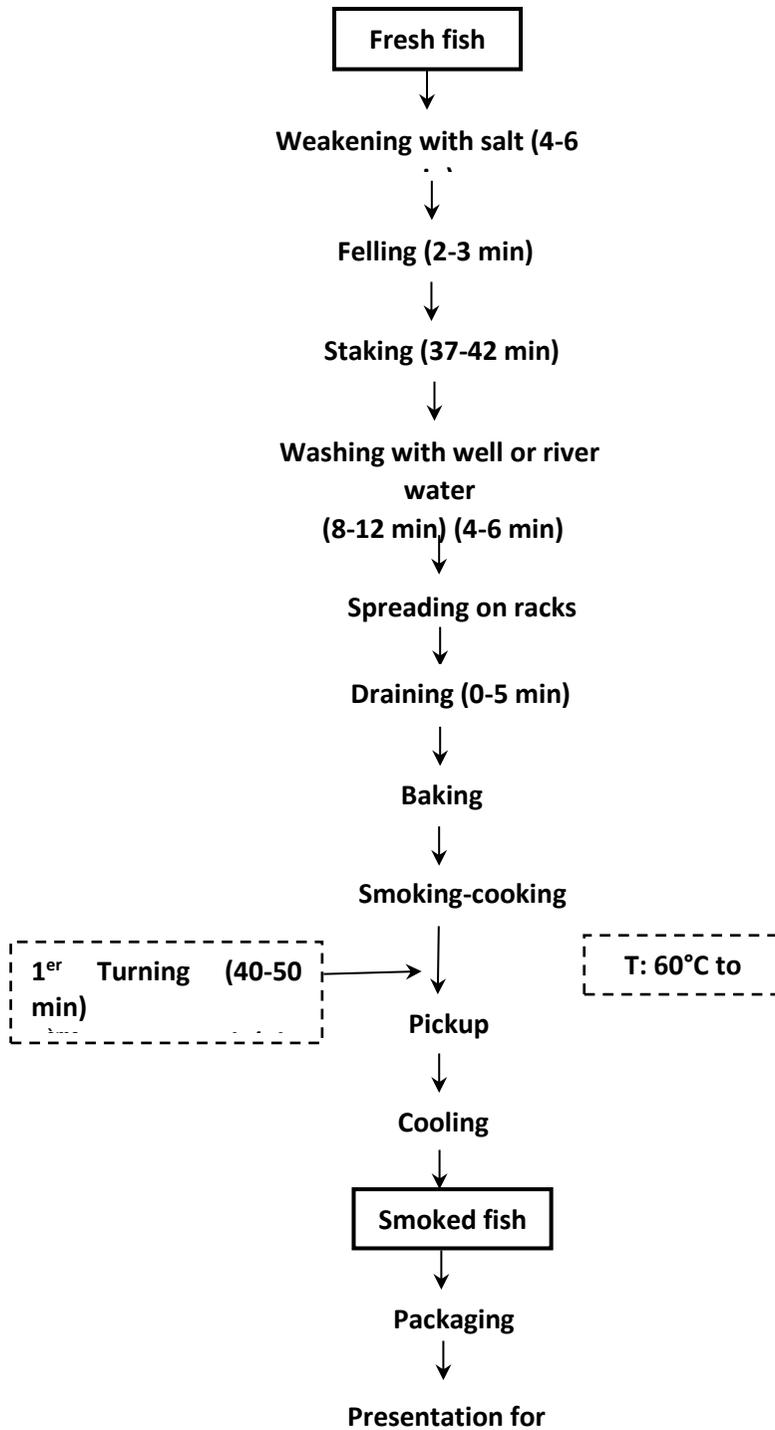


Figure 4. Fish smoking technology diagram (Depo *et al.*, 2019)

4.3.5. Preservative effects of smoking

Smoking has two types of action that affect the hygienic, organoleptic and nutritional qualities of the smoked product.

- **Antioxidant action**

It results in delaying the oxidative degradation of lipids in the case of cold smoking. After a certain storage time, the oxidation of the lipids increases the faster the smoking temperature and the final humidity have been high, hence the shorter shelf life of the smoked products.

- **Bacteriostatic action**

The low-boiling phenolic fraction would have an inhibitory action by prolonging the latency phase of microorganisms. The high boiling phenolic fraction would act as an antioxidant. The bacterial action is however selective. Indeed, some salmonella survive and the smoke has no effect on staphylococci. Nevertheless, the effect is more marked on *Clostridium batulinum* (Momar, 2007). The smoking of fish consists therefore in impregnating the fish with the components of the smoke in order to give it a specific taste and smell (flavour) highly sought after, due to certain substances such as carnosine, anserine, creatine and carbonyl compounds (phenol). Smoke is obtained by burning wood in general (Bleu, 2006).

- **Toxic effects of smoke**

Smoke consists of more than 300 substances that are very important for the preservation of fish and meat. Some of them are carcinogenic, such as benzo-a-pyrene, phenol, formaldehyde, nitrosamine (Guissou and Ilboudo, 2013).

5. Microbiological profile of strains isolated from fish reared in Benin

Normally, fish flesh is sterile. The contaminated areas are the mucus covering the skin, the gills and the digestive tract. Bacterial contamination of the flesh occurs only after capture. The sources of this contamination are diverse and can be divided into two groups (Razanamanampy, 2018).

5.1. Endogenous or primary contamination

This contamination takes place during the life of the animal. It is done via breathing, feeding and during movement. The composition and quantity of this bacterial flora depends on the origin, water temperature, feeding etc. (Levoi, 2002). Some work has shown a predominance of Gram-negative bacteria in the initial flora of fishes from temperate waters while a high proportion of Gram-positive cockles and *Bacillus* spp. are found in some fishes from warm seas and tropical waters (Gram and Dalgaard, 2002; Degnon et al., 2013). Bacteria of endogenous origin can be subdivided into 3 classes:

Typically aquatic germs

They generally belong to the genera *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Flavobacterium*, *Acinetobacterium*, *Micrococcus*, *Corybacterium*, *Aeromonas*, *Morexella*, (Levoi, 2002).

- **Germs of terrestrial origin**

These are spore-forming bacteria, in particular the genera *Clostridium* and *Bacillus*. Their dissemination in aquatic environments is ensured by runoff and rainwater.

- **Germs of human or animal origin**

These germs come from the digestive tract of humans and animals. They are found in aquatic environments through pollution by poorly or untreated wastewater.

5.2. Exogenous or secondary contamination

After capture, the fish is subject to numerous manipulations that are at the origin of bacterial contamination. Generally, it is a contamination by personnel, equipment and the environment. Humans are the most important source of exogenous contamination of food of animal origin (Abotchi, 2010). The germs brought by this secondary contamination are *salmonella*, *thermotolerant coliforms*, presumptive pathogenic *Staphylococcus*, *sulfite-reducing anaerobic* bacteria, yeasts and molds, *total aerobic mesophilic flora* (Razanamanampy, 2018). Table 3 presents some of the microbial loads found in smoked fish according to various smoking systems in West Africa.

Table 3. Microbial load found in traditional smoked fish according to various smoking systems in West Africa.

Microorganisms	Traditional smoked fish
Flore Aérobie Mésophile Totale	$0.89.10^7 - 4.50.10^6$ CFU/g (Abdoullahi, 2019)
Coliformes totaux	$1,5.10^2$ CFU /g (Degnon <i>et al.</i> , 2013)
Levures	$3.17.10^3-9.26.10^3$ CFU/g (Farougou <i>et al.</i> , 2011)
<i>Staphylococcus aureus</i>	$2.6.10^2$ CFU /g (Degnon <i>et al.</i> , 2013)
<i>Salmonella sp.</i>	Presence in 66.7% of fish analyzed (Gamané <i>et al.</i> , 2018)
Moisissures	$2.22.10^2-8.27.10^2$ CFU /g (Farougou <i>et al.</i> , 2011)

CFU/g: Colony Forming Unit per gram

- **Indicator germs of the microbiological quality of smoked fish**

The main indicator germs of the quality of smoked fish are Total Aerobic Mesophilic Flora (TAMF), Total Coliforms, Yeast and Mold, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* (Degnon *et al.*, 2013).

6. Use of antibiotics in the control of microorganisms

Most microorganisms isolated from food products such as fruits, vegetables, meats and fish, are resistant to certain groups of antibiotics (Moussé, 2016; Ahouandjinou, 2016; Abdoullahi, 2019). Recent research on fresh and smoked fish has revealed the presence of a number of pathogenic microorganisms (Farougou et al., 2011; Degnon et al., 2013; Moussé, 2016; Ahouandjinou, 2016; Gamané et al., 2018; Abdoullahi, 2019). These have been subjected to antibiotics and have shown notable resistance. The mechanisms by which bacteria resist antibiotics have been highlighted by several authors (Sina, 2012; Moussé, 2016; Ahouandjinou, 2016). Thus, research work conducted by Moussé (2016), revealed Imipenem as the best antibiotic against infections due to isolated germs (*E. coli*, *K. pneumoniae* and *Pseudomonas spp.*) from street foods, vegetable products and irrigation water. According to Ahouandjinou (2016), *S. aureus* strains isolated from beef, were 90% resistant to oxacillin, cefoxitin and penicillin G. Also, it showed that the coagulase-negative strains isolated were highly resistant to oxytetracycline (73.6%) and penicillin G (64.6%). Most *E. coli* strains are penicillinase producers (97.12%) and are resistant to several families of antibiotics. They have several genes of resistance to β -lactam and are able to secrete verotoxins which confer resistance properties.

It is therefore intended to study the groups of antibiotics on which this work has been carried out and to try other groups of antibiotics to see their effects on microorganisms isolated from fish reared in wherries, especially bacteria which constitute a serious threat to public health.

6.1. Classification of antibiotics

An antibiotic is defined as any chemical compound, elaborated by a living organism or synthetic product, with a high chemotherapeutic coefficient whose therapeutic activity is manifested at very low doses in a specific way, by the inhibition of certain vital processes, towards viruses, microorganisms or even some multi-cellular beings (Sina, 2012). Antibiotics can be synthetic products, but most of them are produced naturally by microorganisms to regulate their growth, or when subjected to particular conditions. The bacteriostatic or bactericidal properties of antibiotics come from their ability to block a step in a mechanism that is essential to the multiplication or survival of bacteria (Ahouandjinou, 2016). To do this, they aim at a specific target of the bacterial cell, thus presenting a selective toxicity that at the doses used, they affect only certain bacteria and not the infected host. The classification of antibiotics is often made on the basis of their natural or synthetic origin, their chemical nature, their mechanism of action on the bacteria, modality (bactericidal or

bacteriostatic) and spectrum of action. The main mechanisms of action that can be encountered differ according to the molecule considered. Each antibiotic family has its own site of action (Sina, 2012; Moussé, 2016).

6.1.1. Antibiotics acting on the membrane

They may act on the outer wall membrane of Gram (-) bacteria or the cytoplasmic membrane of Gram (+) bacteria. Others act on the integrity of the bacterial plasma membrane, which allows it to retain the elements necessary for its survival in the cytoplasm, and to maintain a chemo-osmotic gradient (Opatowski, 2020). It has a positive charge and acts as surfactants. Some antibiotics bind to bacterial membranes, particularly the outer membrane of bacteria, and disrupt them by combining with, in particular, the phospholipids that constitute them (Ahouandjinou, 2016). These are Polymyxins (Colistin) and Nitrofurans (nifurzide, nifuroxazide).

6.1.2. Antibiotics acting on peptidoglycan synthesis

According to Nauciel and Vildé (2005), peptidoglycan is a cross-linked polymer made of polysaccharide chains linked by peptides. This molecule exists only in bacteria and ensures the rigidity of the wall. When bacteria are in growth phase, there are simultaneously phenomena of synthesis and destruction of peptidoglycan. The balance between these two phenomena is disrupted by antibiotics that inhibit the synthesis of peptidoglycan by blocking the final phase of polymerization. The result is an alteration of the wall with a lethal effect for the bacteria. These families of antibiotics have: The β lactams, glycopeptides and fosfomycins. In this family, all molecules have in common the beta-lactam cycle.

This family includes :

- Penicillins (Penicilin G, M, A, Carboxy-penicillin, Ureido-penicillin, Amidino-penicillin and sulfone penicillins). They act on peptidoglycan synthesis by inhibiting penicillin-binding proteins (PLPs). PLPs have transpeptidase, carboxypeptidase and transglycolase activity. Inhibition of PLPs results in inhibition of the formation of pentacyclic bridges responsible for the cross-linked structure of the wall. This results in bizaroid forms (round or filamentous) which lead to bacterial lysis.
- Cephalosporins 1st generation: Cefalotin and Cefadroxil, 2nd generation: Cefoxitin, Cefuroxime, 3rd generation: Ceftazidim, Cefotaxime, Ceftriaxone, Cefixime).
- Glycopeptides: Vancomycin and Teicoplanin are bactericidal and act only on Gram-positive cocci bacteria by blocking the polymerization of peptidoglycan by a complex mechanism (Rabaud and May, 2007) and finally Fosfomycin. Fosfomycin is bactericidal

and acts by inhibiting the synthesis of peptidoglycan precursors. It is active on *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus sp.* (Cattoir, 2006).

6.1.3. Antibiotics inhibiting protein synthesis

They act on the synthesis of proteins, essential to the survival of the cell. The antibiotic penetrates the cell, and blocks the bacterial ribosome, a structure in the cytoplasm necessary for protein synthesis (Poyart, 2006; Moussé, 2016). Several families of antibiotics can inhibit, by different mechanisms, the elongation of the polypeptide chain in bacteria. Among these, we have :

- Aminoglycosides (Sisomicin), Streptomycin, Gentamicin, Kanamycin, Netilmicin, Anikacin and Tobramycin ;
- Tetracyclines (Chloramphenicol and Thiamphenicol) ;
- Macrolides (Erythromycin, Azithromycin), Lincosamides (lincomycin, clindamycin), Streptogramins and Oxazolidinones (Leclercq, 2006; Ahouandjinou, 2016; Opatowski, 2020).

6.1.4. Antibiotics acting on nucleic acids

This group includes Sulfonamides and Trimethoprim often used in combination (cotrimoxazole) inhibiting folate synthesis and in addition it interacts with dihydrofolate reductase to inhibit tetrahydrofolic acid synthesis (Adam and Drouillard, 2003). Quinolones interfere with the topological state of bacterial DNA by inhibiting topoisomerases or DNA-gyrase, enzymes involved in DNA conformation (nalidixic acid, ofloxacin, ciprofloxacin, pefloxacin). Like nalidixic acid, they inhibit DNA synthesis by blocking the activity of the alpha subunit of DNA gyrase.

To these two, we must add the Nitro-imidazoles, whose activity involves a reduction in vivo of their nitro group (-NO₂). They bind to the DNA at the level of the adenine and thymine-rich regions, causing strand breaks and uncoiling of the DNA, and the Rifamycins, which inhibit RNA polymerase, stopping the synthesis of messenger RNA at the initiation stage (Opatowski, 2020).

6.2. Mechanisms of resistance of bacteria to antibiotics

Antibiotics, in the presence of bacteria exert a selection pressure that favors the selection of mutants with the ability to survive in the presence of the antibiotic in question (Sina, 2012; Moussé, 2016). One of the main characteristics of an antibiotic is its spectrum of activity. Indeed, since the successive introduction in therapeutics of different antibiotics, the sensitivity of bacteria to these drugs has evolved a lot, so that the percentage of resistant strains in different pathogenic species is currently significant.

Besides natural resistance, which is a characteristic of all strains of a bacterial species, there is an acquired resistance of strains within the theoretically sensitive species. It is due to genetic modification: mutation or contribution of foreign genetic material (plasmids - transposons). Three main mechanisms are responsible for antibiotic resistance (Sina, 2012; Moussé, 2016; Opatowski, 2020). These mechanisms are:

- Modification of the antibiotic target;
- Synthesis of antibiotic-inactivating enzymes;
- Decreased bacterial permeability to antibiotics.

A bacterial species can be resistant to multiple antibiotics by different mechanisms (Moussé, 2016; Opatowski, 2020).

6.2.1. Modification of the target of antibiotics

This resistance mechanism is described for almost all antibiotics but more importantly for penicillins, glycopeptides and MLS for Gram-positive and for quinolones whatever the Gram. When the target of the antibiotic is modified or replaced, the antibacterial agent loses its affinity for it and can no longer exert its activity on the bacteria. The modification can occur through the acquisition of new genetic material encoding an enzyme that alters the target or through a mutation within the nucleotide sequence of the target (Mangin, 2016; Opatowski, 2020).

6.2.2. Synthesis of antibiotic-inactivating enzymes

This is one of the most widespread and effective mechanisms for bacteria, which consists of secreting an enzyme capable of inactivating the antibiotic even before it has penetrated the bacteria. It is well elucidated by the enzymatic hydrolysis of the betalactam ring supporting the activity of betalactams (Mangin, 2016). In Gram (-) bacteria, the enzyme once produced remains in the periplasmic space. It then protects only the bacterium that synthesizes it. In Gram (+) bacteria, the enzyme produced spreads all around the bacterium. It can then protect bacteria that do not produce it. Some examples of enzymes and their specific targets are :

- acetyltransferases, adenytransferases, phosphotransferases which hydrolyse aminosides
- nucleotidyltransferases active on lincosamines.

6.2.3. Decreased bacterial permeability to antibiotics

This mode of resistance is found in Gram-negative bacteria because of their more complex outer envelope. Indeed, the antibiotic can only penetrate intracellularly through transmembrane protein channels, the porins. This passive phenomenon allows small, neutral and hydrophilic molecules to pass through more easily. Any modification of these porins

(mutation of the coding genes, loss, decrease in their size or expression) confers a low level of resistance to many antibiotics. This resistance mechanism can apply to several families of antibiotics when they use the same porin or be specific when the channel is specific to a family; the acquired resistance of *P. aeruginosa* for imipenem by loss of the carbapenem porin (OprD) is an example (Jehl *et al.*, 2012; Mangin, 2016; Moussé, 2016).

This mechanism alone is not very efficient as in most cases increasing the antibiotic concentration is sufficient to cope with it, so it is often combined with two mechanisms (active efflux, β -lactamase production) (Fosseprez, 2013).

- Alteration of membrane proteins

These are porins that become refractory to the passage of the antibiotic across the membrane. This mechanism can affect antibiotics such as betalactams, quinolones, chloramphenicol, tetracyclines, trimethoprim, sulfonamides, and polymyxins. The typical example of this mechanism is given by the gonococcus with respect to penicillin G.

- Active efflux of the antibiotic

This is a new mechanism found in certain bacteria capable of actively transporting the antibiotic from inside to outside the cell. Bacteria are equipped with systems that allow them to expel foreign metabolites or toxic compounds such as antibiotics into the outside environment. This active efflux requires energy in the form of ATP (Adenosine Tri Phosphate) or a transmembrane electrochemical gradient, used by efflux pumps or active transporters that reduce the intracellular concentration of the antibiotic limiting access to its target (Mangin, 2016; Opatowski, 2020). This mechanism may involve tetracyclines, lincosamines, quinolones, and erythromycin.

Conclusion

Benin has assets, albeit modest, for an integrated development of the fisheries and aquaculture sector. Among these assets are the fish holes called whedos exploited by fishermen at the time of flooding. The fish holes of the Ouémé valley, although they are ancestral practices, are very productive. The difference in productivity between this traditional fish production technique and improved pond production techniques is mainly related to the management method. The fish most commonly raised in these wheries are *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*, among others. These fish are an excellent source of protein and minerals for their consumers. After capture, the conservation of these fish is difficult due to the highly perishable nature of this product and the lack of adequate conservation facilities. Smoking is the most used conservation process for generations to

remedy this problem that undermines the sector. The non-observance of good hygiene and manufacturing practices at the smoking sites leads to microbial contamination of the finished product after smoking, which causes diseases such as food poisoning manifested by diarrhea, headaches, nausea, fever and others. These index microorganisms are resistant to certain antibiotics by several mechanisms including enzymatic inhibition, reduction of cell permeability, alteration of the binding sites targeted by the antibiotic and production of efflux pumps. This information proves that the health of fish consumers is threatened, will play a great role in the improvement of public health and will allow the best development of the fishing and aquaculture sector in Benin.

Conflict of interests: The authors have not declared any conflict of interests.

Acknowledgement: The authors would like to thank the researchers of of Laboratory of Microbiology and Food Technology (LAMITA) of the Université d'Abomey-Calavi (UAC) for their contribution and assistance.

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

Funding statement: The authors received no funding for this paper.

References:

1. Abdoullahi, H. O. (2019). Caractéristiques microbiologiques et procédés de transformation des poissons fumés et séchés du Tchad : cas des espèces *Clarias* spp (Silure) et *Oreochromis Niloticus* (Tilapia). Thèse unique de doctorat en Microbiologie et Technologie Alimentaire à l'Université Joseph KI-ZERBO, 1-220p.
2. Abdullahi, S.A., Abolude, D.S. & Andega, R.A. (2001). Nutrient quality of four oven dried fresh water catfish in northern nigeria. *j. trop. biosci.*, vol. 1(1), 70-76p. DOI: 10.12691/ajmr-6-5-1
3. Abert, T. N. (2018). Contribution à la promotion de la pisciculture intégrée de tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) par la valorisation des sous-produits agro-industriels et l'utilisation rationnelle des fertilisants animaux en République Démocratique du Congo. Doctorat en Sciences Animales, Université LAVAL Canada, 205p.
4. Abotchi, K. (2010). Evaluation de la qualité microbiologique des poissons fumés artisanalement au Togo. Mémoire de Master en qualité des aliments de l'homme à l'école interétats des sciences et médecine vétérinaires (EISMV) de Dakar (Sénégal), 42p

5. Adam, F. & Drouillard, I. (2003). Sulfamides et associations. Encycl Méd Chir, Maladies infectieuses, 8-004-A-10, 9p.
6. Ahouandjinou, S. H. S. (2016). Qualité microbiologique, antibioresistance des souches de staphylococcus spp. et d'escherichia coli isolees des carcasses bovines au benin. Thèse unique en science de la vie : microbiologie et biologie moléculaire à la faculté des sciences et techniques de l'Université d'Abomey-Calavi ; 65-68p.
7. Akande, G. & Diei-Ouadi, Y. (2010). Post-harvest losses in small-scale fisheries. FAO fisheries and aquaculture technical paper, pages 1-89.
8. Amiengheme, P. (2005). The importance of fish in human nutrition. A paper delivered at a fish culture forum. Federal department of fish farmers, Abuja, 21p.
9. Bleu, B. G. (2006). Contribution à l'étude de l'évolution de la qualité microbiologique du poisson fumé en Côte d'Ivoire et destine à l'exportation. Docteur en médecine vétérinaire, Université Cheik Anta Diop de Dakar, École Inter-états des sciences et médecine vétérinaires. 137p.
10. Bourgeois, C. (2003). Les Vitamines dans les industries agroalimentaires. (collection sciences et technique agroalimentaires). Ed. Tec & doc Lavoisier, 153 p.
11. Brigitte, M. B., Brigiet, V. B. & Carolien, H. (2007). La conservation du poisson et de la viande. marja de goffau – markusse, 2eédition, 47 p.
12. Cattoir, V. (2006). Chloramphénicol, fosfomycine, acide fusidique et Polymixines 2ième édition, 349-364p.
13. Codex alimentarius (2018). Norme pour le poisson fumé, le poisson aromatisé à la fumée et le poisson fumé séché. FAO/OMS. 10 p
14. Collet, S. (2000). Facteurs d'émission. émissions de dioxines, de furanes et d'autres polluants liées à la combustion du bois naturel et adjuvanté ; rapport ineris, ineris-drc n°00/60-mapa-sco-25420, 68 p.
15. Conférence Africaine des Organisations Professionnelles de la Peche Artisanale (CAOPA). (2015). Paidoyer pour une année africaine de la peche artisanale, 10 p.
16. Degnon, R.G., Agossou, V.E., Adjou, E.S., Dahouenon-Ahoussi, E., Soumanou, M. M. & Sohounhloue D. C. (2013). Évaluation de la qualité microbiologique du chinchard (*Trachurus trachurus*) au cours du processus de fumage traditionnel. Journal of Applied Biosciences, 67, 5210-5218p. DOI:10.4314/jab.v67i0.95042
17. Degnon, R. G., Faton, A-N, Adjou, E. S., Tchobo, F. P., Dahouenon-Ahoussi, E., Soumanou, M. M. & Sohounhloue, D. C.K. (2014). Efficacité comparée des huiles essentielles de deux plantes

- aromatiques dans la conservation post-fumage du Chinchard (*Trachurus trachurus*). *Journal of Animal et Plant Sciences*, Vol.19, Issue 1: 2831-2839p
18. Depo, A., Dossou, J. & Anihouvi, V. (2019). Itinéraire technique et évaluation de la qualité du poisson-chat, *Clarias gariepinus* (Siluriformes, Clariidae) fumé et commercialisé au Bénin. *Science de la vie, de la terre et agronomie ; rev. ramres - vol.07*, ISSN 2424-7235; 32p
 19. Diop, M.B. Destain, J., Tine, E. & Thonart, P. (2010). Les produits de la mer au Sénégal et le potentiel des bactéries lactiques et des bactériocines pour la conservation. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 14 (2), 341-350p.
 20. Djinou, H. P. A. B. (2001). Etude de la qualité microbiologique du poisson fumé artisanalement en côte d'ivoire et destiné à l'exportation. thèse : méd. vét : Dakar, 96p.
 21. Elegbe, H. A., Toko, I. I., Agbohessi, P., Ble, C., Banag, A., Chikou, A., Tomedi, E. M. & Laleye, P. (2015). Co-culture *Clarias gariepinus*-*Oreochromis niloticus* : quels avantages pour l'amélioration des performances zootechniques et économiques des poissons élevés dans les « whedos » du delta de l'Ouémé au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(4), 1937-1949p. DOI : 10.4314/ijbcs.v9i4.19
 22. Farougou, S., Hounkpe, E., Sessou, P., Yehouenou, B. & Sohounhloue, D. (2011). Evaluation de la qualité microbiologique du poisson *Trachurus trachurus* fumé et vendu dans les marchés de la commune d'Abomey-Calavi. Conférence: Actes du 3ème colloque des Sciences, Cultures et Technologies de l'UAC-Bénin. At ; University of Abomey-Calavi.337-348p
 23. FAO (2008). Vue générale du secteur des pêches national de la république du Tchad, profils des pêches et de l'aquaculture par pays. 18 p.
 24. FAO. (2012). La situation mondiale de pêche et de l'aquaculture, première partie, organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, département des pêches et de l'aquaculture de la FAO, Rome 229 p.
 25. FAO. (2014). La situation mondiale de pêche et de l'aquaculture, première partie, organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, département des pêches et de l'aquaculture de la FAO, Rome. 229p
 26. FAO (2016). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. Rome. 224 p.

27. FAO (2018) (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2018). World Aquaculture Performance Indicators (WAPI)-Fish Consumption Module (WAPI-FISHCSP v.2018.1). In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome, Italy ; 112p.
28. FAO (2022). FAOSTAT Database. Food and Agriculture Organization, Roma, Italy. Available online at URL: www.fao.org.
29. Fosseprez, P. (2013). Antibiothérapie en pratique de ville : Constat et réflexions sur le rôle du pharmacien d'officine dans la lutte contre l'antibiorésistance. [Nancy]: Faculté de Pharmacie ; 124p.
30. Gamané, K. A., Tidjani, A. & Micha, J.C. (2018). Qualité hygiénique du poisson transformé et commercialisé au Tchad. 9p.
31. Gamané, K. A. (2017). Evaluation physique des pertes post capture des produits de la pêche avec les communautés de mitteriné lac Tchad, institut avd-Tchad, mémoire pour la licence professionnelle en gestion de l'environnement, 63p.
32. Guissou, R. & Ilboudo, F. (2013). Analyse des incitations et pénalisations pour l'huile de coton au Burkina Faso. Monitoring africain food and agricultural policies- suivi des politiques agricoles et alimentation en Afrique, 1-37p.
33. Gram, L. & Dalgaard, P. (2002). Problèmes et solutions des bactéries d'altération du poisson. *Opinion actuelle en biotechnologie*, 13, 262-266p.
34. Hambrey, J. (2017). The 2030 Agenda and the sustainable development: the challenge for aquaculture development and management. Circulaire de la FAO sur les pêches et l'aquaculture (1141), Rome, FAO 49p.
35. Hoag, H. (2017). Nations agree to ban fishing in Arctic Ocean for at least 16 years. *Science* [en ligne]. Le 1er décembre, 89p.
36. Houenou, S. D. M. M. V. (2019). Métazoaires parasites de *Clarias gariepinus* et *Oreochromis niloticus*, poissons des whédos du haut delta de l'Ouémé au Bénin. Thèse unique en Parasitologie dans le Faculté des Sciences Techniques sur le Campus d'Abomey-Calavi au Bénin, 36p.
37. Ida, P. A. & Nwankwo, I. (2013). Effects of smokedrying temperatures and time on physical and nutritional quality parameters of *Tilapia* (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, Vol. 5(3), Pages 29-34. DOI: 10.5897/IJFA12.078,
38. INRAB (2012). La pêche artisanale au sud bénin face aux défis des changements climatiques. Pages 1-21.
39. Jean-pierre, S. (2012). La combustion du bois et ses impacts sur la qualité de l'air. *Air Pur*,(8), 1 -16p.

40. Jehl, F., Chomarat, M., Tankovic, J., Gérard, A., Schrenzel, J. & Gutmann, L. (2012). De l'antibiogramme à la prescription. Marcy-l'Étoile: BioMérieux; 122p.
41. Kalikoski, D. C., Jentoft, S., Charles, A., Salazar Herrera, D., Cook, K., Béné, C. & Allison, E. H. (2018). Understanding the impacts of climate change for fisheries and aquaculture: applying a poverty lens. Dans M. Barange, T. Bahri, M. Beveridge, K. Cochrane, S. Funge-Smith. 15p.
42. Keita, D. (2005). Contribution à l'étude de la qualité des poissons transformés (Fumés, Séchés) A Bamako, Mopti, Niono et Sélingué, Diplôme D'Etat, Mémoire pour obtenir le grade de docteur en Pharmacie, Université de Bamako, Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie, 139 p.
43. Kolding, J., van Zwieten, P., Martin, F. & Poulain, F. (2016). La pêche dans les zones arides d'Afrique subsaharienne. «Le poisson vient avec la pluie». Favoriser la résilience dans les zones arides pour la sécurité alimentaire et la nutrition des populations qui dépendent de la pêche. Circulaire de la FAO sur les pêches et l'aquaculture n° 1118. Rome, FAO, 147p.
44. Kpadonou, R.A.B., Adégbola, P.Y. & Tovignan, S.D. (2012). Local knowledge and adaptation to climate change in Ouémé valley, Benin. African Crop Science Journal, Vol. 20, 181-192p.
45. Kpogue, D. N. S., Mensah, G. A. & Fiogbe, E. D. (2012). A review of biology, ecology and prospect for aquaculture of *Parachanna obscura*. Rev Fish Biol Fisheries, 1-12p. DOI 10.1007/s11160-012-9281-7.
46. Kurien, J. & López Ríos, J. (2013). Flavouring fish into food security. SF-FAO/2013/14. Ebene (Maurice), FAO-Smart Fish Programme de la Commission de l'Océan Indien, 60 p.
47. Leclercq, R. (2006). Macrolides- lincosamides-streptogramines. 2^{ème} édition ; 299-324p.
48. Levoi, F. (2002). La microbiologie du saumon fumé à froid: aspects hygiéniques et qualité. Revue générale du froid (1028): 35 – 40p.
49. Mangin, L. (2016). Antibiotiques et résistances : enquête sur les connaissances et les comportements du grand public. Thèse unique en Faculté de pharmacie de l'Université de Lorraine ; 21-27p.
50. Martin, C. L., William, K., Mangani, K. & Placid, M. (2018). Microbiological quality of traditional and improved kiln smoked catfish (*Clarias Gariepinus*; Pisces; Clariidae) In Lake Chilwa Basin, The Authors. Food Science & Nutrition Published By Wiley Periodicals, Inc. J. Food Sci Nutr, 4 (7), 281–286p.
51. Momar, Y. D. (2007). Seminaire de formation en groupe sur les techniques améliorées de traitement de conservation et de

- transformation du poisson et des produits halieutiques, Kayar du 1er au 02 Février 2007, Saint Louis du 05 Au 06 Février 2007,16p.
52. Mousse A. W. (2016). Profil toxigénique et production de BLSE des souches de *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* et *Pseudomonas* spp. fluorescents isolées des aliments de rue et des produits maraîchers au Sud du Bénin. Thèse unique de doctorat en Biochimie, Microbiologie et Biologie Moléculaire dans la faculté des sciences et techniques à l'université d'Abomey-Calavi, 28-37p.
 53. Nauciel, C. & Vildé, J-L (2005). Bactériologie médicale 2ième édition. Ed : Masson, Pages 1-272.
 54. Ndrianaivo, E. N., Cornet, J., Cardinal, M., Razanamparany, L. & Berge, J-P. (2016). Stockage des poissons fumés et ou séchés : cas de *Oreochromis niloticus* " Fiha saly " Malgache. *Afrique Science* 12(2) 254 – 265p.
 55. Nicolle, J. (2017). Technologie de fumage. Application au Saumon. Nattes : institut scientifique et technique des pêches maritimes (ISTPM).
 56. Nyebe, I. G., Meutchieye, F. & Fon, D. (2014). Expériences de la fumaison et de la commercialisation du poisson dans l'environnement urbain de Douala qualifie l'activité de hautement rentable. *Agriculture familiale et lutte contre la pauvreté* 30 (3): 25–26p.
 57. Ogbannaga, C. (2009). Influences of drying methods on nutritional properties of tilapia fish (*Oreochromis Niloticus*), *World. J. Agri. Sci*, 3 (5), 256-258p.
 58. Oladipo, I. C. & Bankole, S. O. (2013). Nutritional and microbial quality of fish and dried, *Clarias Gariepinus* and *Orachrumis Niloticus*. *International Journal Applied. Microbiology and Biotechnology*, (3), 1-6p.
 59. Olsen, R. L., Toppe, J. & Karunasagar, I. (2014). Challenges and realistic opportunities in the use of by products from processing of fish and shellfish. *Trends in Food Science et Technology*, 36 (2), 144 – 151p. DOI:10.1016/j.tifs.2014.01.007
 60. Opatowski, M. (2020). Résistance bactérienne aux antibiotiques, apport su système national des données de santé. Thèse unique en santé publique : santé publique- épidémiologie de l'université Paris-saclay ; 16-20p.
 61. Pôle, A. (2010). Le fumage du poisson, Procédé de transformation et conservation, Technologie. 12 p.
 62. Poyart, C. (2006). Tétracyclines. 2ième édition ; 325-334p.
 63. Projet de développement de la pêche (PRODEPECHE). (2009). Étude sur l'état des lieux de la zone d'intervention et étude du rapport efficacité / coût des fours améliorés, des claies de séchage et des

- conteneurs isothermes disponibles dans la région ainsi que la qualité des produits livrés par ces matériels et leur commercialisation, Commission Economique du Bétail, de la Viande et des Ressources Halieutiques (CEBEVIRHA- CEMAC), rapport final, 122p.
64. Programme pour le Développement Intégré des Pêches artisanales en Afrique de l'Ouest (DIPA). (2016). Revue sectorielle de la pêche artisanale au Bénin. Pages 1-76.
 65. Rabaud, C. & May, T. (2007). Glycopeptides. *Encycl méd chir, maladies infectieuses*, 8-004-J-20, 7p.
 66. Razanamanampy, T. S. (2018). Qualités nutritionnelle et hygiénique du thon fumé prêt à la consommation dans la ville d'Antananarivo. Mémoire de Master, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo. 99 p.
 67. Rivier, M., Kebe, F. & Goli, T. (2009). Fumage de poissons en Afrique de l'Ouest pour les marchés locaux et d'exportation. Rapport intermédiaire, 19p.
 68. Rogaume, Y. (2009). La Combustion du bois et de la biomasse, pollution atmosphérique, numéro spécial/le bois énergie : enjeux écologiques et de santé environnementale, 66-81p.
 69. Salifou, C.F.A., Aounou, S.G., Kiki, P.S., Hogbonouto, E.B., Gade, K.A.I. & Youssao, A.K.I. (2020). Caractérisation des techniques de fumage des poissons au sud-Bénin. *J. Interdiscip. la Rech. Sci.*, 1 (2), 41-47p.
 70. Shiv, M. S., Siddhnath, R. B., Abdul, Aziz, S.P., Bhagchand, C. & Narinder, K. (2018). Insect infestation in dried, fishes, *Journal of Entomology and Zoology Studie*, 6 (2), 2720-2725p.
 71. Sina, H. (2012). Antibiorésistance et variabilité de la production des facteurs de virulence produits par les souches de *Staphylococcus aureus* d'origines clinique et alimentaire. Thèse unique en science de la vie : biochimie, biologie moléculaire et Microbiologie à la faculté des sciences et techniques de l'Université d'Abomey-Calavi ; 39-41p.
 72. Singleton, R. L., Allison, E. H., Le Billon, P. & Sumaila, U. R. (2017). Conservation and the right to fish: international conservation NGOs and the implementation of the Voluntary Guidelines for Securing Sustainable Small-Scale Fisheries. *Marine Policy*, (84), 22-32p.
 73. Toko, I. I., Attakpa, E. Y., Baco, M. N. & Gouda, A-I. (2011). Analyse des systèmes piscicoles dans la Vallée du Niger (Nord Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(5) pages: 1993-2003p.
 74. Toko, I. I. (2007). Amélioration de la production halieutique des trous traditionnels à poissons (whedos) du delta de l'Ouémé (sud Bénin) par la promotion de l'élevage des poissons chats *Clarias gariepinus* et

- Heterobranchus longifilis. Thèse unique en Faculté Universitaires Notre -Dame de la Paix dans le Département de Biologie. 1-129p.
75. Tossougbo, H. D. C. (2017). Système technique de production, caractérisation microbiologique et physico-chimique des poissons fumés commercialisés au carrefour de Djèffa dans la commune de Sèmè-Podji. Mémoire de master en en normes et contrôle de qualite des produits agroalimentaires à la faculté des sciences agronomiques dans l'université d'Abomey-Calavi, 1-87p.
 76. Varlet, V., Prost, C., Sérot, T. (2007). Volatile aldehydes in smoked fish: Analysis methods, occurrence and mechanisms of formation. Food Chemistry, Analytical, Nutritional and Clinical Methods, 105:1536-1556p.
 77. Werlich, M. (2001). Fumage du poisson et fours de fumage. Infogate, GTZ. 17 p.
 78. World Fish Centre. (2005). Le Poisson et la sécurité alimentaire en afrique. egypte. 2p.
 79. Yvette, D.O., Boris, K. S., Frieda, A. O., Ycouba, O., Kisse, B. & Illia, R. (2016). Renforcement de la performance des systèmes post-capture et du commerce régional en pêche artisanale: cas de la réduction des pertes post-capture des pays riverains du bassin de la volta, pays impliqués: Bénin, Burkina-Faso, Côte d'Ivoire, Ghana, Mali, Togo, FAO, Circulaire sur les pêches et l'aquaculture n° 1105, 1-80p.



Nom des oiseaux et leur base de dénomination chez le peuple Gouro de la région de la Marahoué (Côte d'Ivoire)

Tih Mathieu Koué-Bi

Maître-Assistant, Ethnozoologue et Ornithologue

K. Pierre Kouadio

Maître-Assistant, Ornithologue

K. Hilaire Yaokokoré-Béibro

Professeur Titulaire, Ornithologue

Laboratoire des Milieux Naturels et Gestion de la Biodiversité,

Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p142](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p142)

Submitted: 23 January 2023

Accepted: 18 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Koué-Bi T.M., Kouadio K.P. & Yaokokoré-Béibro K.H. (2023). *Nom des oiseaux et leur base de dénomination chez le peuple Gouro de la région de la Marahoué (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 142.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p142>

Résumé

Dans le cadre d'associer les populations locales aux programmes de gestion de la biodiversité, une étude a été réalisée durant dix-neuf mois, entre 2010 et mars 2013, à partir des enquêtes ethnozoologiques auprès du peuple Gouro vivant à proximité du Parc National de la Marahoué, dans le centre ouest de la Côte d'Ivoire. Elle a porté sur les connaissances ornithologiques et les modes d'attribution des noms des oiseaux par ce peuple. Au total, 232 espèces d'oiseaux ont été identifiées avec chacune une appellation en langue Gouro. Ces appellations sont basées sur six critères distinctifs dont le plus important est le comportement de l'espèce. Ces résultats constituent le premier registre important des noms des oiseaux en langue Gouro, portant sur un grand nombre d'espèces d'oiseaux. Ils permettent de comprendre que les peuples indigènes sont très observateurs et détiennent des connaissances écologiques traditionnelles très utiles pour la conservation de la biodiversité.

Mots-clés : Connaissances locales, base de dénomination, nom d'oiseaux, peuple Gouro, Côte d'Ivoire

Names of Birds and Their Naming Basis Among the Gouro People of the Marahoue Region (Ivory Coast)

Tih Mathieu Koué-Bi

Maître-Assistant, Ethnozoologue et Ornithologue

K. Pierre Kouadio

Maître-Assistant, Ornithologue

K. Hilaire Yaokokoré-Béibro

Professeur Titulaire, Ornithologue

Laboratoire des Milieux Naturels et Gestion de la Biodiversité,
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

As part of involving local populations in biodiversity management programs, a study was carried out over nineteen months, between 2010 and March 2013, based on ethnozoological surveys of the Gouro people living near the National Park of Marahoué, in the center west of Côte d'Ivoire. It focused on ornithological knowledge and the ways in which the names of birds are attributed by this people. A total of 232 bird species have been identified, each with a name in the Gouro language. These designations are based on six distinctive criteria, the most important of which is the behavior of the species. These results constitute the first significant register of bird names in the Gouro language, covering a large number of bird species.

Keywords: Local knowledge, naming basis, bird names, Gouro people, Côte d'Ivoire

Introduction

Le changement climatique se fait de plus en plus remarquer à travers des perturbations écologiques et environnementales dans le monde entier (Benoît, 2008 ; Konaté et Kampmann, 2010). Il n'épargne pas l'Afrique de l'Ouest dont la riche diversité biologique continue de subir de fortes détériorations (Konaté et Kampmann, 2010). Ainsi, de nos jours, l'on assiste de plus en plus à la réduction de l'espace forestier dans presque tous les pays africains, y compris la Côte d'Ivoire (Benoît, 2008). Au nombre des voies de remédiation contre cette érosion des écosystèmes, l'état Ivoirien, pour sa part, a préconisé la méthode protectionniste avec la création des aires protégées (Konaté et Kampmann, 2010). Mais cette méthode est restée jusque-là peu efficace du fait qu'elle ne prenait pas en compte les perceptions des populations villageoises limitrophes de ces aires (Lorng, 2000). En effet, ces

populations continuent de se tourner vers les écosystèmes de proximité et même de disposer abusivement et illégalement des ressources naturelles de ces aires (Yaokokoré-Béibro, 1995). C'est le cas du peuple Gouro, appartenant au groupe linguistique mandé (Kuznetsova & Kuznetsova, 2021). Ce peuple dispose des us et coutumes très variés et vit à proximité du Parc National de la Marahoué (PNM), en Côte d'Ivoire. Sa localisation dans une région écologique transitoire entre la forêt et la savane lui donne de disposer d'un patrimoine biologique riche (Lauginie 2007 ; Dibi et al., 2008). Ce peuple est, par la même occasion, l'hôte de plusieurs autres peuples allochtones et allogènes à la recherche des terres cultivables (Meillassoux, 1999). Sa proximité avec cette aire protégée pourrait causer un frein majeur aux méthodes protectionnistes, s'il n'est pas associé à la gestion de ce patrimoine biologique. C'est d'ailleurs cette préoccupation qui impose la prise en compte des perceptions de ce peuple sur la biodiversité environnante dont les Oiseaux constituent l'un des maillons essentiels (Terashima, 2003). En effet, les oiseaux sont de bons indicateurs de l'état de santé des forêts dans les perspectives d'élaboration des plans stratégiques de gestion des réserves naturelles (Lorng, 2000 ; Yaokokoré-Béibro, 2010). De ce fait le modèle de gestion participative des zones forestières s'avère opportun pour la sauvegarde et la conservation des ressources surtout fauniques (Farias et Alves, 2007a ; Prokop et al., 2008). Cette approche nécessite absolument l'intégration des savoirs traditionnels et des connaissances locales des populations riveraines (Lambert, 1999 ; Kaiser et al., 1999 ; Sinclair et al., 2010), en vue de mettre en place un outil inclusif et participatif pour améliorer davantage les stratégies de gestion efficiente de la biodiversité. Pour ce faire, il est impérieux de faire l'état des connaissances de ces populations locales sur la biodiversité environnante. Et à partir de ces connaissances, naîtront des politiques durables d'amélioration de la conservation et de la gestion de la faune (Kaiser et al., 1999 ; Konaté et Kampmann, 2010). Toutefois, les données sur la compréhension des rapports homme-faune sauvages sont encore peu connues dans les états africains. D'où la nécessité de connaître les bases d'identification de la faune en générale et celle des oiseaux en particulier chez les peuples locaux ivoiriens, gage de leur connaissance de cette faune. Cependant, force est de constater qu'en Côte d'Ivoire, il existe très peu d'études ethno-ornithologiques portant sur les perceptions des peuples riverains des aires protégées sur la faune aviaire sauvage. En plus les fondements de la dénomination de cette faune axée sur les savoirs traditionnelles restent encore méconnus et inaccessibles à tous. Ainsi, pour relever ces insuffisances, cette étude a été initiée en vue de promouvoir les connaissances des bases de la détermination des noms des oiseaux dans la systématique populaire chez ce peuple Gouro riverain du parc National de la Marahoué, dans une dynamique de gestion holistique et efficace des

ressources naturelles. Elle vise à faire ressortir non seulement les noms des oiseaux en langue locale et mais aussi quelques fondements des différentes appellations utilisés par ce peuple.

Matériel

La réalisation de cette étude a nécessité l'usage d'une carte de la région de la Marahoué en vue de repérer les différents villages d'enquête. Un dictaphone (Dictaphone Olympus Digital Voice Recorder VN 713PC) a servi à enregistrer les entretiens. Le Guide d'identification des Oiseaux d'Afrique de l'Ouest (Borrow et Demey, 2008) et la discographie des chants et cris des oiseaux de l'Afrique (Chappuis, 2000) ont servi à l'identification des oiseaux.

Méthodes

Choix de la zone d'étude et de la population enquêtée

La région de la Marahoué, zone de cette étude ethnozoologique, est située entre 6°28'et 7°45'de latitude Nord et 5°23' et 6°26'0 de longitude Ouest, en Côte d'Ivoire (Figure 1). Le choix de cette région a été guidé par le fait qu'elle abrite le Parc Nationale de la Marahoué (PNM), l'un des parcs les plus opprimés par les activités anthropiques. Le peuple Gouro, cible de cette étude, est un peuple autochtone installé au voisinage du PNM. Il est fortement brassé d'une part avec les allochtones (Baoulé, Sénoufo, Bété et autres communautés ivoiriennes) et d'autre part, avec les allogènes tels que les Maliens, Burkinabés, Guinéens, et Nigériens (Meillassoux, 1999, Koffi, 2007). En plus, le choix de ce peuple a été motivé par la réduction des barrières linguistiques entre les enquêtés et l'équipe des chercheurs. Les enquêtés ont été choisis sur indication et en fonction de leurs connaissances sur la faune en général et l'avifaune en particulier. Il s'agit ainsi de 1146 personnes réparties dans 19 villages dont deux dans le département de Bouaflé (Dianfla et Tibéita), sept dans le département de Zuénoula (Baazra 1, Dinzra, Kaloufla, Koinzra, Blèfla, Gohitafla-village, Siafla). Dix autres villages ont été visités dans le département de Sinfra (Bazré-Village, Bendefla, Bounafla, Djénédoufla, Kouétinfla-Progouri, Kouroudoufla-Progouri, Manoufla-Progouri, Gonfla, Trikata, Zéménafla) (Figure 1). Ces villages ont la particularité d'avoir une forte densité du peuple Gouro (RGHP, 2018). L'âge des interviewés était compris entre 11 et 83 ans.

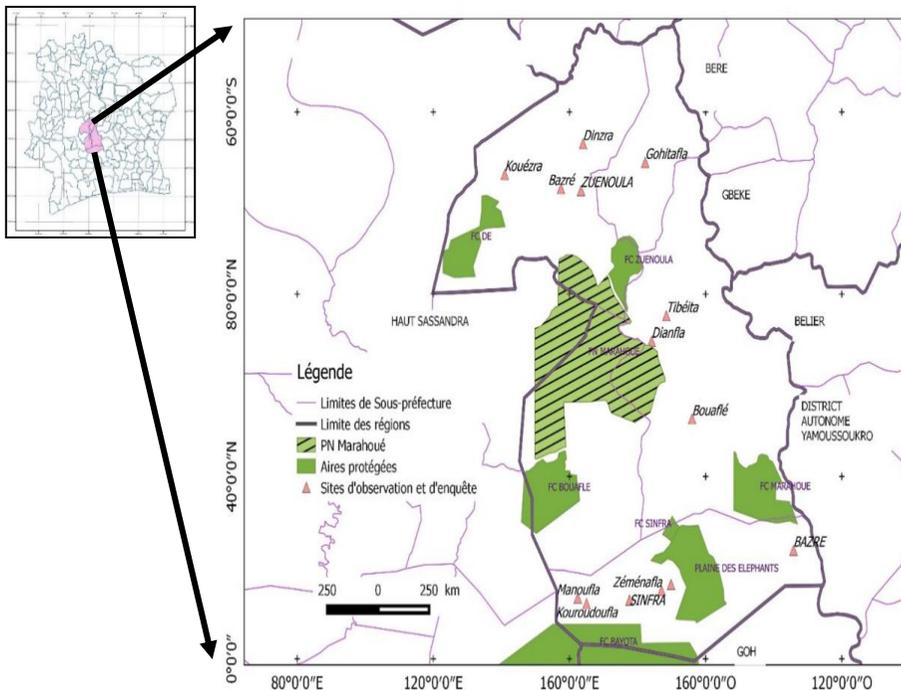


Figure 1. Carte du site d'étude

Collecte des données

La collecte des données ethno-ornithologiques s'est effectuée d'août à décembre 2010 et de février 2012 à avril 2013, à l'aide de la combinaison d'un inventaire des oiseaux et d'une enquête semi-directive à travers des visites guidées auprès de certains informateurs (Fugier, 2006 ; Kizungu et al., 1998). En effet, l'inventaire des oiseaux a été fait chaque jour de 6h à 11h (Yaokokoré-Béibro, 2010) sur des pistes et chantiers prédéfinis sur un rayon de 3 km aux alentours des villages visités. Non seulement cet inventaire répondait au besoin d'avoir une idée de la diversité avifaunique du milieu d'étude, mais aussi il a permis d'attester et de valider la liste des oiseaux reconnus et nommés par les populations, selon les travaux de Ploeg et Weerd (2010). Quant aux enquêtes, elles ont été faites dans les après-midis, à travers des réunions de groupe, afin d'éviter des disparités d'informations et de recueillir le maximum d'informations sur la faune aviaire. Certains informateurs ont été rencontrés individuellement, sur recommandation, en vue de favoriser la liberté d'expression. Avant les entretiens, les objectifs du projet ont été expliqués aux potentiels informateurs et par la même occasion, le consentement éclairé de chacun a été verbalement donné, afin d'assurer leur liberté de participation à l'étude (Alvez et al. 2009). Lors des entretiens, l'avifaune a été identifiée à partir de la présentation des photos des différents

oiseaux contenues dans le guide d'identification de Borrow et Demey (2008) et des chants et cris des oiseaux de la discographie de Chappuis (2000). Le tout a été complété par la liste des oiseaux de la région de la Marahoué (Lauginie, 2007). Pour chaque espèce d'oiseau identifiée par les populations locales, le nom en langue locale, sa signification accompagnée de toutes les histoires et théories de sa désignation sont notés y compris des informations portant sur son mode de vie. Pour chaque chant et cris écouté, les enquêtés décrivaient au mieux la morphologie et l'écologie de l'espèce d'oiseau correspondant, ce qui permettait d'attester que l'espèce est bien connue ou pas.

Traitement des données

Les mots en Gouro ont été transcrits fidèlement selon l'Orthographe pratique des langues ivoiriennes (OPLI) en vue d'éviter des écarts de prononciation (ILA, 1996 ; Djilé et Blé, 2019 ; Kuznetsova et al., 2008). La traduction des différentes appellations en français a été faite par l'équipe de chercheurs qui a mis à contribution ses compétences et son appartenance au groupe linguistique, sans aucune interférence dans l'interprétation du contenu (Djilé et Blé, 2019). Les résultats de l'enquête ont été traités à l'aide du tableur Microsoft Excel. La classification et la nomenclature scientifique ont été faites selon Borrow et Demey (2008). La révision de cette classification a été faite suivant les travaux de Roskov et al. (2020) et Gill et al. (2022). La révision et la vérification des prononciations des noms en Gouro ont été faites à partir des travaux de Kuznetsova et al. (2008) et du Dictionnaire Gouro-Français de Kuznetsova et Kuznetsova (2021).

Résultats

Identification des oiseaux par les populations Gouro dans la Marahoué

Au total, 232 espèces d'oiseaux réparties entre 65 familles de 21 ordres ont été identifiées par les Gouro dans la région de la Marahoué. Le plus grand nombre d'espèces d'oiseaux a été identifié par les populations Gouro de Sinfra avec 198 espèces de 137 genres et 57 familles (Figure 2). À Zuénoula, ce sont 194 espèces de 55 familles de 16 ordres qui ont été nommés par les populations. Le plus petit nombre d'oiseaux a été reconnu à Bouaflé avec 177 espèces de 49 familles et 15 ordres. Au regard de la liste des oiseaux par département, 150 espèces d'oiseaux (65% des espèces reconnues) ont été identifiées à la fois dans les trois départements (Figure 3). Environ 16% des espèces d'oiseaux sont reconnues dans au moins deux département et 19% autres espèces ont été reconnues uniquement dans un seul département. Toutes les espèces identifiées par les populations dans le département de Bouaflé ont été reconnues également dans au moins l'un des deux autres départements. Trente-six autres espèces (15,51%) sont reconnues uniquement par les populations du département de Sinfra et neuf autres (3,87%) reconnues à

Zuénoula uniquement (Tableau I). Dans l'ensemble de cette avifaune de la Marahoué, trois familles se distinguent par un nombre élevé de leurs espèces nommées, il s'agit des Accipitridae (19 espèces), des Pycnonotidae (14 espèces) et des Cisticolidae (14 espèces) (Tableau I).

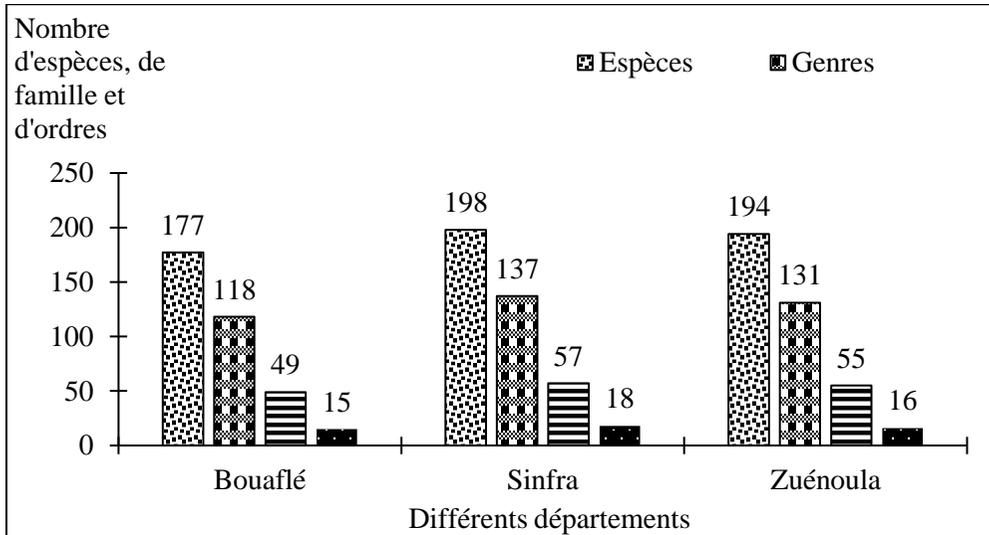


Figure 2. Effectifs des espèces, genres, familles et ordres des oiseaux reconnus par les populations Gouro dans la région de la Marahoué

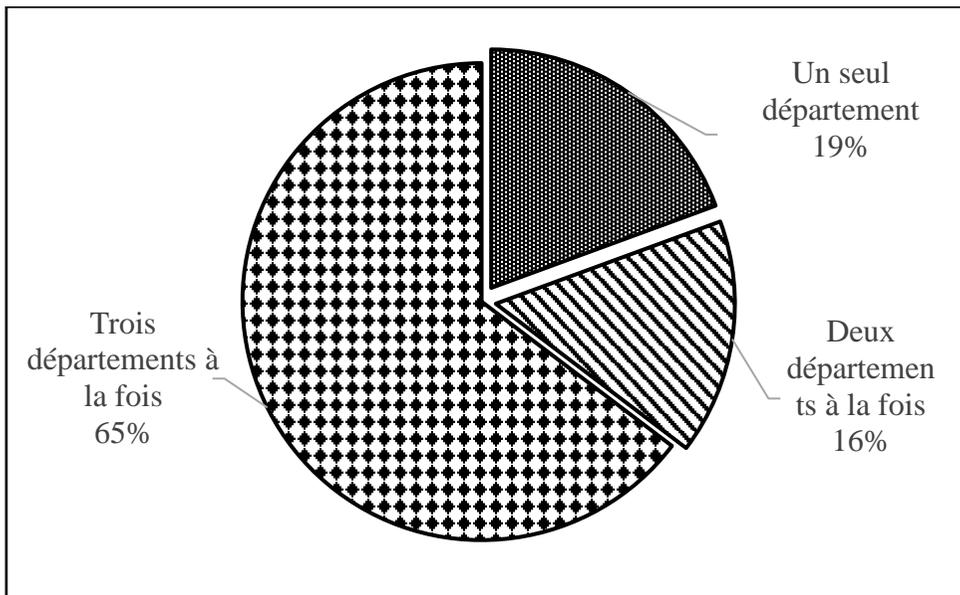


Figure 3. Proportion d'oiseaux reconnus par nombre de département

Tableau 1. Liste des oiseaux reconnus par les populations Gouro de la Marahoué et leurs noms en langue locale par département

1 : Comportement ; 2 : Vocalisation et bruitage ; 3 : Ecologie ; 4 : Morphologie ; 5 : Couleur du plumage ; 6 : Utilisation sociale ; * : Sans spécificité ou insuffisance de données

ORDRES/ Familles/ Espèces	Noms Français	BOUAFLE	SINFRA	ZUENOULA
ANSERIFORMES				
Anatidae				
<i>Dendrocygna viduata</i> (Linné, 1766)	Dendrocygne veuf	Blouhou/coho ¹	Bouzié Côcô/ Lapolapo ¹	Blouhou/coho ¹
<i>Plectropterus gambensis</i> (Linné, 1766)	Oie-armée de Gambie		Bouzié Côcô /Bànhan ¹	Yi ta blabla/ coho ^{3/1}
<i>Pteronetta hartlaubii</i> (Cassin, 1860)	Canard Ptéronette de hartlaub	Blouhou/coho ¹	Bouzié Côcô ¹	Yi ta blabla/ coho ^{3/1}
<i>Spatula querquedula</i> (Linné, 1758)	Sarcelle d'été	Blouhou/coho ¹	Bouzié Côcô ¹	
ORDRES/ Familles/ Espèces	Noms Français	BOUAFLE	SINFRA	ZUENOULA
GALLIFORMES				
Numididae				
<i>Numida meleagris</i> (Linné, 1758)	Pintade de numidie	Djinhin ²	Djantchin ²	Djinhin/ Djandjin/ Djanhin ²
<i>Guttera pucherani</i> (Hartlaub, 1861)	Pintade de pucheran	Zinnh ⁵	Zinnh/ Zinhinn / tchiro bi Zinhinn ⁵	Zinnh/ Ze-inh ⁵
Odontophoridae				
<i>Ptilopachus petrosus</i> (Gmelin, JF, 1789)	Poulette de rocher		Goh ²	Djelibouenin*
Phasianidae				
<i>Peliperdix lathamii</i> (Hartlaub, 1854)	Francolin de latham	Dooh ¹	Kwlatro ²	Dooh plounin ⁴
<i>Campocolinus albogularis</i> (Hartlaub, 1854)	Francolin à gorge blanche		Dooh ¹	
<i>Pternistis achantensis</i> (Temminck, 1854)	Francolin d'ahanta	Sawè ³	Sakwè/ Drobia bi Sakwè ³	Sawè ³
<i>Pternistis bicalcaratus</i> (Linné, 1766)	Francolin à double éperon	Dooh ¹	Kwlatro ²	Dooh ¹
<i>Coturnix coturnix</i> (Linné, 1758)	Caille des blés	Klawlo ²		Kwlalo2
CAPRIMULGIFORMES				
Caprimulgidae				
<i>Caprimulgus inornatus</i> Heuglin, 1869	Engoulevent terne	Fwlanduo/ Missan miannin ¹	Diapoponin ou Le goli kle ¹	Fwlanduo/ Missan miannin ¹
<i>Caprimulgus climacurus</i> Viellot, 1824	Engoulevent à longue queue	Fwlanduo/ Missan miannin ¹	Diapoponin ou Le goli kle ¹	Fwlanduo/ Missan miannin ¹
<i>Caprimulgus longipennis</i> (Shaw, 1796)	Engoulevent balancier	Fwlanduo/ Missan miannin/ Luéi sianan ¹	Diapoponin ou Le goli kle ¹	Fwlanduo/ Missan miannin ¹
APODIFORMES				
Apodidae				
<i>Telacanthura ussheri</i> (Sharpe, 1870)	Martinet d'ussher	Leelénin ¹	Zeigodiliinin ³	Léélénin/ Gbéiyro ¹
<i>Cypsiurus parvus</i> (Lichtenstein, MHK, 1823)	Martinet des palmes	Leelénin ¹	Zeigodiliinin ³	Léélénin/ Gbéiyro ¹

<i>Apus affinis</i> (Gray, JE, 1830)	Martinet des maisons	Leelénin ¹	Zeigodiliinin ³	Léelénin/ Gbéyro ¹
MUSOPHAGIFORMES				
Musophagidae				
<i>Corythaëola cristata</i> (Vieillot, 1816)	Touraco géant	Couowuo ²	Couocouo/ cohou/ Lro dua miannin ^{2/1}	Couowuo ²
<i>Crinifer piscator</i> (Boddaert, 1783)	Touraco gris	Coluo kwlà ²	Cocoo ²	Coluo kwlà ²
<i>Tauraco violaceus</i> (Isert, 1788)	Touraco violet	Dalwé ¹	Couocouo/ cohou wuoman tin/ Lro dua miannin ^{2/1}	Couowuo ²
<i>Tauraco macrorhynchus</i> (Fraser, 1839)	Touraco à gros bec	Dalwé ¹	Dawé ¹	Dalwé ¹
<i>Tauraco persea</i> (Linné, 1758)	Touraco vert	Dalwé ¹	Dawé ¹	Dalwé ¹
CUCULIFORMES				
Cuculidae				
<i>Centropus senegalensis</i> (Linné, 1766)	Coucal du Sénégal	Bloé bi zuih ²	Zuih ²	Ziih/ Bloé bi Ziih ²
<i>Ceuthmochares aereus</i> (Vieillot, 1817)	Malcoha à bec jaune	Bôô swran miannin ¹	Tuô ta miannin/ Bôô ta miannin ¹	Bôô swran miannin/ Bôô le zawouli ¹
<i>Clamator levaillantii</i> (Swainson, 1829)	Coucou de levaillant		Gounhangounhan ⁴	
<i>Pachycoccyx audeberti</i> (Schlegel, 1879)	Coucou d'audebert			Bôô swran miannin ¹
<i>Chrysococcyx caprius</i> (Boddaert, 1783)	Coucou didric	Ban é nin a énin é énin dji ²	Clonwin*	Ban é nin a énin a énin dji ² Ban bi tié ²
<i>Chrysococcyx klaas</i> (Stephens, 1815)	Coucou de Klaas			
<i>Chrysococcyx cupreus</i> (Shaw, 1792)	Coucou folioticol		Clonwin*	Gbowlogbo bi blawéi*
<i>Cuculus solitarius</i> Stephens, 1815	Coucou solitaire			Yuèitchêdô plôh lo ²
ORDRES/ Familles/ Espèces	Noms Français	BOUAFLE	SINFRA	ZUENOULA
COLUMBIFORMES				
Columbidae				
<i>Columba unicincta</i> Cassin, 1860	Pigeon gris	Zuih lou Plaplo ¹	Zigui Plaplo ¹	Plawuo ¹
<i>Columba iriditorques</i> Cassin, 1856	Pigeon à nuque bronzée		Plo dji plaplo ¹	
<i>Streptopelia semitorquata</i> (Rüppell, 1837)	Tourterelle à collier	Zuih lou Plawuo ¹	Plala ¹	Djeli bi plàlà/ Déli plàlà/ plàlà ¹
<i>Spilopelia senegalensis</i> (Linné, 1766)	Tourterelle maillée	Plala ¹	Plala ¹	Djeli bi plàlà/ Déli plàlà/ plàlà ¹
<i>Turtur afer</i> (Linné, 1766)	Tourterelle améthystine	Plala ¹	Plala ¹	Djeli bi plàlà/ Déli plàlà/ plàlà ¹
<i>Turtur tympanistria</i> (Temminck, 1809)	Tourterelle tambourette	Plala ¹	Plala ¹	Djeli bi plàlà/ Déli plàlà/ plàlà ¹
<i>Treron calvus</i> (Temminck, 1811)	Colombar à front nu	Biôn ¹	Zrimplo ¹	Biôn ¹
GRUIFORMES				
Rallidae				

<i>Porphyrio porphyrio</i> (Linné, 1758)	Talève sultante		Tobwalo/ Tooninbwa ³	
<i>Zapornia flavirostra</i> (Swainson, 1837)	Râle à bec jaune		Tobwalo ti/ Tooninbwa ti ^{3/5}	
<i>Himantornis haematopus</i> Hartlaub, 1855	Râle à pied rouge	Flou le gôh ²	Flou le gôh ²	Flou le gôh ²

PODICIPEDIFORMES

Podicipedidae

<i>Tachybaptus ruficollis</i> (Pallas, 1764)	Grèbe castagneux		Yi ta coco/ plô di lapo ³	
--	---------------------	--	---	--

CHARADRIIFORMES

Burhinidae

<i>Burhinus senegalensis</i> (Swainson, 1837)	Oedicene du Sénégal	Tchanfwin*	Tobwalo/ Tooninbwa ³	Samlan ⁴
--	------------------------	------------	------------------------------------	---------------------

Recurvirostridae

<i>Himantopus himantopus</i> (Linné, 1758)	Echasse blanche	Gan la miannin ⁴	Samlan ⁴	Vanin lou Samnan ⁴
---	--------------------	-----------------------------	---------------------	-------------------------------

Charadriidae

<i>Vanellus albiceps</i> Gould, 1834	Vanneau à tête blanche			Delédelé*
<i>Charadrius dubius</i> Scopoli, 1786	Petit gravelot			Delédelé*

Jacaniidae

<i>Actophilornis africanus</i> (Gmelin, JF, 1789)	Jacana à poitrine dorée		Tobwalo/ Tooninbwa ³	
--	----------------------------	--	------------------------------------	--

Scolopacidae

<i>Gallinago gallinago</i> (Linné, 1758)	Becassine des marais		Samlan ⁴	
<i>Actitis hypoleucos</i> (Linné, 1758)	Chevalier guignette	Poh ble miannin ¹	Tobwalo/ Tooninbwa ³	Poh ble miannin/ Yi man miannin ^{1/3}
<i>Tringa ochropus</i> Linné, 1758	Chevalier culblanc	Poh ble miannin ¹	Tobwalo/ Tooninbwa ³	Poh ble miannin/ Yi man miannin ^{1/3}
<i>Tringa glareola</i> Linné, 1758	Chevalier Sylvain	Poh ble miannin ¹	Tobwalo/ Tooninbwa ³	Poh ble miannin/ Yi man miannin ^{1/3}
<i>Tringa nebularia</i> (Gunnerus, 1767)	Chevalier aboyeur	Poh ble miannin ¹	Tobwalo/ Tooninbwa ³	Poh ble miannin/ Yi man miannin ^{1/3}

SULIFORMES

Anhingidae

<i>Anhinga rufa</i> (Daudin, 1802)	Anhinga d'afrique		Coucou*	
---------------------------------------	----------------------	--	---------	--

Phalacrocoracidae

<i>Microcarbo africanus</i> (Gmelin J. F., 1789)	Cormoran africain		Yi ta coco ³	Blouhou ¹
---	----------------------	--	-------------------------	----------------------

PELECANIFORMES

Threskiornithidae

<i>Bostrychia hagedash</i> (Latham, 1790)	Ibis hagedash	Zimbè/ Yi la bla bi sehi bi douho ¹		Yi la gammian ³
--	---------------	---	--	----------------------------

Ardeidae

<i>Ardeola ralloides</i> (Scopoli, 1769)	Crabier chevelu		Deiyre bi dey*	
<i>Bubulcus ibis</i> (Linné, 1758)	Héron garde- bœuf	Dri ta main ¹		Dri ta manin ⁶
<i>Ardea cinerea</i> Linné, 1758	Héron cendré	Yi la gammian ⁴	Pôh ble coucou ¹	Yi la gammian ³
<i>Ardea goliath</i> Cretzschmar, 1829	Héron goliath	Gammian ⁴	Coucou lé zouah*	

<i>Ardea purpurea</i> Linné, 1766	Héron pourpré	Coucou lé djenin*	Yi la gammian ³	
ORDRES/ Familles/ Espèces	Noms Français	BOUAFLE	SINFRA	ZUENOULA
<i>Egretta garzetta</i> (Linné, 1766)	Aigrette garzette		Dri ta main ⁶	Dri ta manin ⁶
Scopidae <i>Scopus umbretta</i> Gmelin J. F., 1789	Ombrette africaine	Djèdjè swrannin ⁴		Djè bi djè swrannin/ Djèdjè swrannin ⁴
ACCIPITRIFORMES				
Accipitridae				
<i>Elanus caeruleus</i> (Desfontaines, 1789)	Elanion blanc	Plein wanhannin ⁴	Plein ¹	Plein wanhannin ⁴
<i>Polyboroides typus</i> Smith, A, 1829	Gymnogène d'afrique	Bootchèdjai voua ¹	Bootchèdjai voua ¹	Bootchèdjai voua ¹
<i>Gypohierax angolensis</i> (Gmelin, JF, 1788)	Palmiste africain	Vah*	Vah*	Plein ¹
<i>Aviceda cuculoides</i> Swainson, 1837	Baza coucou	Plein wanhannin ⁴	Plein ¹	Plein wanhannin ⁴
<i>Gyps africanus</i> Salvadori, 1865	Vautour africain	Gwla1	kouâh ¹	Kwà/ Boui balo ^{1/3}
<i>Circaetus cinereus</i> Vieillot, 1818	Circaète brun	Plein wanhannin ⁴	Plein ¹	Djinhin djè plein/ yiriman lahou ¹
<i>Circaetus cinerascens</i> von Muller, 1851	Circaète cendré	Plein wanhannin ⁴	Plein ¹	Plein ¹
<i>Stephanoaetus coronatus</i> (Linné, 1766)	Aigle couronné	Zowlou bi Tchetchè ¹	Tchetchè/ Degligbali bi tchetchè ¹	Tchedjè (Zouwoulou bi)/ tcheyè ¹
<i>Lophaetus occipitalis</i> (Daudin, 1800)	Aigle huppard	Zowlou bi Tchetchè ¹	Tchetchè le Zablé goungan1	Tchedjè (Zouwoulou bi)/ tcheyè ¹
<i>Aquila rapax</i> (Temminck, 1828)	Aigle ravisseur	Zowlou bi Tchetchè ¹	Tchetchè/ Degligbalibi tchetchè/ Tchetchè kabhlé vô ¹	Tchedjè (Zouwoulou bi)/ tcheyè ¹
<i>Aquila spilogaster</i> (Bonaparte, 1850)	Aigle fascié	Zowlou bi Tchetchè ¹	Tchetchè le gouan ⁴	Tchedjè (Zouwoulou bi)/ tcheyè ¹
<i>Kaupifalco monogrammicus</i> (Temminck, 1824)	Autour unibande	Plein wanhannin ⁴	Plein/ djandjè plein1	Plein wanhannin ⁴
<i>Accipiter badius</i> (J. F. Gmelin, 1788)	Epervier shikra		Plein/ djandjè plein ¹	Plein wanhannin ⁴
<i>Accipiter erythropus</i> (Hartlaub, 1855)	Epervier de hartlaub	Plein wanhannin ⁴	Plein cuannin (cuinnin) ⁴	Plein wanhannin ⁴
<i>Accipiter melanoleucus</i> Smith, A, 1830	Autour noir	Plein wanhannin ⁴	Vah*	Plein wanhannin ⁴
<i>Circus aeruginosus</i> (Linné, 1758)	Busard des roseaux	Djinhin djè plein ¹	Pépâ*	Djan dji plein / yiriman lahou ³
<i>Circus pygargus</i> (Linné, 1758)	Busard cendré		Plein cwlannin ⁴	Plein fohou ⁵
<i>Milvus migrans</i> (Boddaert, 1783)	Milan noir	Zalo clou/ Couhoulou ¹	Saa Clouh ¹	Couhoulou ¹
<i>Haliaeetus vocifer</i> (Daudin, 1800)	Pygargue vocifère	Tchetche bi goo/ plein ¹	Tchetche bi goo/ plein ¹	Plein ¹
STRIGIFORMES				
Tytonidae				

<i>Tyto alba</i> (Scopoli, 1769)	Effraie des clochers	Clouwéi ⁶	Poupounin ⁴	Cloubéli ⁶
Strigidae <i>Otus senegalensis</i> (Swainson, 1837)	Petit-duc africain	Plôh Clouwéi ⁶	Cloubely le bamblegoumbê ⁴	Cloubéli le Bambhélégoummè/ Bambhélégoummè ⁴
<i>Ptilopsis leucotis</i> (Temminck, 1820)	Petit-duc à face blanche	Plôh Clouwéi ⁶	Cloubely le bamblegoumbê ⁴	Cloubéli le Bambhélégoummè/ Bambhélégoummè ⁴
<i>Bubo cinerascens</i> Guerin-Meneville, 1843	Grand-duc du sahel	Bambhélégoummè ⁴	Cloubely le bamblegoumbê ⁴	Cloubéli le Bambhélégoummè/ Bambhélégoummè ⁴
<i>Bubo leucostictus</i> Hartlaub, 1855	Grand-duc tacheté	Bambhélégoummè ⁴	Cloubely le bamblegoumbê ⁴	Cloubéli le Bambhélégoummè/ Bambhélégoummè ⁴
<i>Scotopelia ussheri</i> Sharpe, 1871	Chouette-pêcheuse rousse	Clouwéi ⁶	Cloubeli ⁶	Cloubéli ⁶

TROGONIFORMES

Trogonidae <i>Apaloderma narina</i> (Stephens, 1815)	Trongo narina		Kpabhecou ²	
--	---------------	--	------------------------	--

ORDRES/ Familles/ Espèces	Noms Français	BOUAFLE	SINFRA	ZUENOULA
------------------------------	---------------	---------	--------	----------

BUCEROTIFORMES

Upupidae <i>Upupa epops</i> Linné, 1758	Huppe fasciée	Gungan ⁴	Gouangouan ⁴	Guanguan ⁴
Phoeniculidae <i>Phoeniculus bollei</i> (Hartlaub, 1858)	Irisor à tête blanche		Tchaasro ti ⁵	
Bucerotidae <i>Lophoceros fasciatus</i> (Shaw, 1812)	Calao longibande	Dalié bi Còbê ⁴	Côfê (côfê ti) ⁴	Còbê ⁴
<i>Lophoceros nasutus</i> (Linné, 1766)	Calao à bec noir	Còbê nan gwladuo ⁴	Côfê nan gbabi/ côfê fouhou ⁴	Còbê blou bi gwladuo ⁴
<i>Lophoceros camurus</i> (Cassin, 1857)	Calao pygmée		Clicofê ⁴	
<i>Bycanistes fistulator</i> (Cassin, 1850)	Calao siffleur	Clanclan ²	Clanclan ²	Clanclan/ glanglan ²
<i>Bycanistes cylindricus</i> (Temminck, 1831)	Calao à joues brunes	Còbê le Fwlan/ Fwlan ⁴	Fwlan ⁴	Còbê le Fwlan/ Fwlan ⁴
<i>Bycanistes subcylindricus</i> (Sclater, PL, 1871)	Calao à joues grises	Fwlan fouhou lé zéwé ⁵		Còbê le Fwlan/ Fwlan ⁴
<i>Ceratogymna atrata</i> (Temminck, 1835)	Calao à casque noir	Fwlan le Gouho*	Gouoh*	Gouo/ Còbê le Gouo*
<i>Horizocerus albocristatus</i> (Cassin, 1848)	Calao à huppe blanche	Paihè la main ^{1/6}	Pale ta manin ^{1/6}	Pale ta manin ^{1/6}

CORACIIFORMES

Coraciidae <i>Coracias cyanogaster</i> Cuvier, 1816	Rollier à ventre bleu	Tcha lou tchaawlè*	Srabha*	Tcha lou tchaawlè/ tchaawlè/tchawlè ²
<i>Eurystomus gularis</i> Vieillot, 1819	Rolle à gorge bleue	Tcha lou tchaawlè*	Tchanhàngôlè ²	Tchaawlè/ djin à lrèlrè ²
<i>Eurystomus glaucurus</i> (Müller, PLS, 1776)	Rolle violet	Tcha lou tchaawlè*	Tchanhàngôlè ²	Tchaawlè/ djin à lrèlrè ²
Alcedinidae				

<i>Halcyon leucocephala</i> (Müller, PLS, 1776)	Martin- chasseur à tête grise	Bholou ble taah ¹	Saadobwa ³	Boholou ble taah ¹
<i>Halcyon malimbica</i> (Shaw, 1811)	Martin- chasseur à poitrine bleue	Bholou ble taah ¹	Saadobwa ³	Boholou ble taah ¹
<i>Halcyon senegalensis</i> (Linné, 1766)	Martin- chasseur du Sénégal	Bholou ble taah ¹	Saadobwa ³	Boholou ble taah ¹
<i>Ispidina picta</i> (Boddaert, 1783)	Martin- pêcheur pygmée	Bholou ble taah ¹	Duonin/Bhlou a fe ²	Zuèuè ²
<i>Corythornis leucogaster</i> (Fraser, 1843)	Martin- pêcheur à ventre blanc	Bholou ble taah ¹	Duonin*	Zuèuè ²
<i>Corythornis cristatus</i> (Pallas, 1764)	Martin- pêcheur huppé	Bholou ble taah ¹	Duonin*	Zuèuè ²
<i>Alcedo quadribrachys</i> Bonaparte, 1850	Martin- pêcheur azuré	Bholou ble taah ¹	Duonin*	Zuèuè ²
Meropidae				
<i>Merops muelleri</i> (Cassin, 1857)	Guêpier à tête bleue	Yoroo ¹	Srùhu ¹	Yoroo/ Toonin (Zido gouli bi toonin) ^{1/3}
<i>Merops pusillus</i> Müller, PLS, 1776	Guêpier nain	Gbéyro ⁶	Srùhu ¹	Yoroo/ Toonin (Zido gouli bi toonin) ^{1/3}
<i>Merops albicollis</i> Vieillot, 1817	Guêpier à gorge blanche	Gbéyro ⁶	Srùhu ¹	Yoroo/ Toonin (Zido gouli bi toonin) ^{1/3}
PICIFORMES				
Lybiidae				
<i>Gymnobucco peli</i> Hartlaub, 1857	Barbican à narines emplumées	Mihan gnindji tchè ⁴	Kpée ²	Mihan gnindji tchè ⁴
<i>Gymnobucco calvus</i> (Lafresnaye, 1841)	Barbican chauve	Mihan gnindji tchè ⁴	Kpée ²	Mihan gnindji tchè ⁴
<i>Pogoniulus scolopaceus</i> (Bonaparte, 1850)	Barbion grivelé		Kpètewlèga ¹	
<i>Pogoniulus bilineatus</i> (Sundevall, 1850)	Barbion à croupion jaune	Clowlin*	Wou à yuedji ⁵	Clowlin/ Gbé ⁴
<i>Tricholaema hirsuta</i> (Swainson, 1821)	Barbican hérissé	Clowlin*	Kpètewlèga ¹	Clowlin/ Gbé ⁴
<i>Lybius vieilloti</i> (Leach, 1815)	Barbican de vieillot	Yoh la sraih ¹		Yoh la sraih ^{3/1}
<i>Lybius bidentatus</i> (Shaw, 1799)	Barbican bidenté	Yoh la sraih ¹		Yoh la sraih ^{3/1}
<i>Trachyphonus purpuratus</i> Verreaux, J & Verreaux, E, 1851	Barbican pourpré		Boutouwloukou*	
Indicatoridae				
<i>Indicator minor</i> Stephens, 1815	Petit indicateur		Yerê ¹	
<i>Melichneutes robustus</i> (Bates, GL, 1909)	Indicateur à queue en lyre		Yerê ¹	
ORDRES/ Familles/ Espèces	Noms Français	BOUAFLE	SINFRA	ZUENOULA
Picidae				

<i>Campethera punctuligera</i> (Wagler, 1827)	Pic à taches noires	Yiri la popo ¹	Yirigapopo ¹	Yiri la popo ¹
<i>Chloropicus pyrrhogaster</i> (Malherbe, 1845)	Pic à ventre de feu	Yiri la popo ¹	Yirigapopo ¹	Yiri la popo ¹
FALCONIFORMES				
Falconidae				
<i>Falco biarmicus</i> Temminck, 1825	Faucon lanier	Plein wanhannin ⁴	Tchechtè bi goh ¹	Tchedjè (Zouwoulou bi) / tcheyè ¹
PSITTACIFORMES				
Psittacidae				
<i>Psittacus timneh</i> Fraser, 1844	Perroquet timneh	Goo lou bi swrin ⁴	Srin ⁴	Goo lou bi sinnin/ Goo bhlou bi srin ⁴
<i>Poicephalus senegalus</i> (Linné, 1766)	Perroquet youyou	Goo lou bi swrin ⁴	Srin ⁴	Goo lou bi sinnin/ Goo bhlou bi srin ⁴
Psittaculidae				
<i>Psittacula krameri</i> (Scopoli, 1769)	Perruche à collier	Goo lou bi swrin ⁴	Srin ⁴	Goo lou bi sinnin/ Goo bhlou bi srin ⁴
PASSERIFORMES				
Malaconotidae				
<i>Malaconotus cruentus</i> (Lesson, R, 1831)	Gladiateur ensanglanté		Pooh poo ²	
<i>Bocagia minuta</i> (Hartlaub, 1858)	Tchagra des marais		Badouo miannin ¹	
<i>Tchagra senegalus</i> (Linné, 1766)	Tchagra à tête noire	Twirin lé djè ⁶	Badouo miannin ¹	Lre miannin ¹
<i>Dryoscopus sabinii</i> (Gray, JE, 1831)	Cubla à gros bec			Lre miannin ¹
<i>Laniarius aethiopicus</i> (Gmelin, JF, 1789)	Gonolek d'abyssinie			Lre miannin ¹
Vangidae				
<i>Prionops plumatus</i> (Shaw, 1809)	Bagadai casqué	Lre miannin ⁶		Clo trwin le djè*
Campephagidae				
<i>Campephaga quiscalina</i> Finsch, 1869	Echenilleur pourpré		Sraih goné boglo/ Sraih ¹	Yoh le Sraih ^{3/1}
Laniidae				
<i>Lanius collaris</i> Linné, 1766	Pie-grièche fiscale		Bloukalo/ Bébénin*	
Oriolidae				
<i>Oriolus brachyrhynchus</i> Swainson, 1837	Loriot à tête noire	Sraih gonin bolo ⁵	Sraih gonin boglo/ Douta sraih bi bhalo/ kofi go non ^{5/1}	Foli bo gbagba/ Sraih gonin bolo ⁵
<i>Oriolus nigripennis</i> Verreaux, J & Verreaux, E, 1855	Loriot à ailes noires	Sraih gonin bolo ⁵		Foli bo gbagba/ Sraih gonin bolo ⁵
Dicruridae				
<i>Dicrurus modestus</i> Hartlaub, 1849	Drongo modeste	Tchawlè*	Sintroh ⁴	Sintroh/ Pô miannin ⁴
<i>Dicrurus adsimilis</i> (Bechstein, 1794)	Drongo brillant	Tchawlè*	Sintroh ⁴	Sintroh/ Pô miannin ⁴
Monarchidae				
<i>Terpsiphone rufiventer</i> (Swainson, 1837)	Tchitrec à ventre roux	Tchanwlè ⁵	Dansonwin ⁵	Tchanwlè ⁵
<i>Terpsiphone viridis</i> (Müller, PLS, 1776)	Tchitrec d'Afrique	Tchanwlè ⁵	Tchanwlè ⁵	Tchanwlè ⁵
Corvidae				

<i>Corvus albus</i> Muller, 1776	Corbeau pie	Canwéi*	Kpata bi yué/ Canvolý ¹	Canwéi/ Wi ble kwa ¹
Stenostiridae				
<i>Elminia longicauda</i> (Swainson, 1838)	Elminie bleue		Douo miannin*	
Alaudidae				
<i>Mirafra rufocinnamomea</i> (Salvadori, 1865)	Alouette bourdonnante		Sraih laà miannin ¹	
Pycnonotidae				
<i>Stelgidillas gracilirostris</i> (Strickland, 1844)	Bulbul à bec grêle		Djanta lou gblêgblê ³	
<i>Bleda syndactylus</i> (Swainson, 1837)	Bulbul moustac	Gologbè bi blawéi*	Zôôyrôgô ²	Gologbè bi blawéi*
<i>Bleda eximius</i> (Hartlaub, 1855)	Bulbul à queue verte	Pailuê ⁴	Zôôyrôgô ²	Pailiê/ Gowlogbo bi blawéi*
<i>Bleda canicapillus</i> (Hartlaub, 1854)	Bulbul fourmilier	Zôôyrô/ Pailuê bi zôôyrô ⁴	Clowehi*	Pailiê/ Gowlogbo bi blawéi*
<i>Thescelocichla leucopleura</i> (Cassin, 1855)	Bulbul des raphias		Plô wouo fouka ³	
<i>Chlorocichla simplex</i> (Hartlaub, 1855)	Bulbul modeste	Pailuê ⁴	Gbôtôwlôkô ²	Pailiê ⁴
DRES/ Familles/ Espèces	Noms Français	BOUAFLE	SINFRA	ZUENOULA
<i>Baeopogon indicator</i> (Verreaux, J & Verreaux, E, 1855)	Bulbul à queue blanche	Kohee/ Pailuê le kohee ⁴	Zôôyrôgô ²	Pailiê ⁴
<i>Eurillas virens</i> (Cassin, 1857)	Bulbul verdâte	Pailuê ⁴	Zôôyrôgô ²	Pailiê ⁴
<i>Eurillas latirostris</i> (Strickland, 1844)	Bulbul à moustache jaune	Pailuê ⁴	Zôôyrôgô ²	Pailiê ⁴
<i>Eurillas curvirostris</i> (Cassin, 1859)	Bulbul curvirostre	Pailuê ⁴	Zôôyrôgô ²	Pailiê ⁴
<i>Phyllastrephus icterinus</i> (Bonaparte, 1850)	Bulbul icterin	Gowlogbè bi blawéi ⁴		Pailiê ⁴
<i>Phyllastrephus scandens</i> Swainson, 1837	Bulbul à queue rousse	Pailouê blou bi nonhon ⁴	Gbôtôwlôkô ²	Pailiê/ Gowlogbo bi blawéi ⁴
<i>Phyllastrephus baumanni</i> Reichenow, 1895	Bulbul de baumann	Pailuê ⁴		Yéhi/Gowlogbo bi blawéi ⁴
<i>Pycnonotus barbatus</i> (Desfontaines, 1789)	Bulbul des jardins	Pailuê ⁴	Gblai ²	Pailiê ⁴
Hirundinidae				
<i>Riparia riparia</i> (Linné, 1758)	Hirondelle de rivage	Trai man lêlê/ Leelénin ¹	Zaigodi bwiinin ³	Gbéyro*
<i>Hirundo rustica</i> Linné, 1758	Hirondelle rustique	Trai man lêlê/ Leelénin ¹	Zaigodi bwiinin ³	Gbéyro*
<i>Hirundo lucida</i> Hartlaub, 1858	Hirondelle de Guinée		Zaigodi bwiinin ³	
<i>Cecropis abyssinica</i> Guerin-Meneville, 1843	Hirondelle striée		Zaigodi bwiinin ³	
<i>Cecropis semirufa</i> Sundevall, 1850	Hirondelle à ventre roux		Zaigodi bwiinin ³	
<i>Cecropis senegalensis</i> Linné, 1766	Hirondelle de mosquées		Zaigodi bwiinin ³	
Macrosphenidae				
<i>Melocichla mentalis</i> (Fraser, 1843)	Mélocichle à moustache		Fouga le laiglai vo zan*	

<i>Macrosphenus kemp</i> (Sharpe, 1905)	Nasique de Kemp	Tuinnin ²	Tuintuin ²	Tuèlè/Tuinnin/ Blin a louwuo ^{2/3}
<i>Macrosphenus concolor</i> (Hartlaub, 1857)	Nasique jaune	Tuinnin ²	Tuintuin ²	Tuèlè/Tuinnin/ Blin a louwuo ^{2/3}
<i>Sylvietta brachyura</i> Lafresnaye, 1839	Crombec sitelle	Bo mini twréhi ¹	Gblaigblai/ Zèy ⁴	Plôh là zèy ⁴
<i>Sylvietta virens</i> Sharpe, 1877	Crombec vert	Blin alou wuo ¹	Gblaigblai/ Zèy ⁴	Plôh là zèy ⁴
<i>Sylvietta denti</i> Ogilvie- Grant, 1906	Crombec à gorge tachetée	Bo mini twréhi ¹	Gblaigblai/ Zèy ⁴	Plôh là zèy ⁴
Hylidae				
<i>Hylia prasina</i> (Cassin, 1855)	Hylia verte	Blin alou wuo ¹	Gblaigblai/ Zèy ⁴	Tuèlè/Tuinnin/ Blin a louwuo ^{2/3}
Acrocephalidae				
<i>Hippolais polyglotta</i> (Vieillot, 1817)	Hypolaïs polyglotte	Plôh là zèy ³		Plôh la zèy ⁴
Cisticolidae				
<i>Cisticola erythrops</i> (Hartlaub, 1857)	Cisticole à face rousse	Sraih le voun ⁵	Vounni ⁵	Voun/ Vlounnou/ Sraih le voun/ Sraih le vlounnou ⁵
<i>Cisticola cantans</i> (Heuglin, 1869)	Cisticole chanteuse	Sraih le voun ⁵	Vounni ⁵	Voun/ Vlounnou/ Sraih le voun/ Sraih le vlounnou ⁵
<i>Cisticola lateralis</i> (Fraser, 1843)	Cisticole siffleuse	Sraih le voun ⁵	Vounni ⁵	Voun/ Vlounnou/ Sraih le voun/ Sraih le vlounnou ⁵
<i>Cisticola galactotes</i> (Temminck, 1821)	Cisticole roussâtre	Sraih le voun ⁵	Vounni ⁵	Voun/ Vlounnou/ Sraih le voun/ Sraih le vlounnou ⁵
<i>Cisticola natalensis</i> (Smith, A, 1843)	Cisticole natalensis	Sraih le voun ⁵	Vounni ⁵	Voun/ Vlounnou/ Sraih le voun/ Sraih le vlounnou ⁵
<i>Cisticola brachypterus</i> (Sharpe, 1870)	Cisticole à ailes courtes	Sraih ¹	Vounni ⁵	Voun/ Vlounnou/ Sraih le voun/ Sraih le vlounnou ⁵
<i>Prinia subflava</i> (Gmelin, JF, 1789)	Prinia modeste	Bongnanin ¹		Tuèlè/Tuinnin/ Blin a louwuo ^{2/3}
<i>Prinia erythroptera</i> (Jardine, 1849)	Prinia à ailes rousses	Bongnanin ¹		Tuèlè/Tuinnin/ Blin a louwuo ^{2/3}
<i>Apalis nigriceps</i> (Shelley, 1873)	Apalis à callote noire	Bongnanin ¹	Belitan miannin ⁶	Tuèlè/Tuinnin/ Blin a louwuo ^{2/3}
<i>Apalis sharpii</i> Shelley, 1884	Apalis de sharpe	Bongnanin ¹		Tuèlè/Tuinnin/ Blin a louwuo ^{2/3}
ORDRES/ Familles/ Espèces	Noms Français	BOUAFLE	SINFRA	ZUENOULA
<i>Camaroptera brachyura</i> (Vieillot, 1820)	Camaroptère à tête grise	Tuinnin ²	Tuintuin ²	Tuèlè/Tuinnin/ Blin a louwuo ^{2/3}
<i>Camaroptera superciliaris</i> (Fraser, 1843)	Camaroptère à sourcils jaunes	Tuinnin ²	Tuintuin ²	Tuèlè/Tuinnin/ Blin a louwuo ^{2/3}
<i>Camaroptera chloronota</i> Reichenow, 1895	Camaroptère à dos vert	Tuinnin ²	Tuintuin ²	Tuèlè/Tuinnin/ Blin a louwuo ^{2/3}
<i>Bathmocercus cerviniventris</i> (Sharpe, 1877)	Bathmocerque à capuchon		Seble bi tà ¹	Tuèlè/Tuinnin/ Blin a louwuo ^{2/3}
Sylviidae				
<i>Sylvia borin</i> (Boddaert, 1783)	Fauvette des jardins	Lou wuo Zèy ³	Gblaigblai/ Zèy ⁴	Tuèlè/Tuinnin/ Blin a louwuo ^{2/3}

Pelloroneidae

<i>Illadopsis fulvescens</i> (Cassin, 1859)	Akalat brun		Wowo4	
<i>Illadopsis rufipennis</i> (Sharpe, 1872)	Akalat à poitrine blanche		Wowo4	
<i>Illadopsis cleaveri</i> (Shelley, 1874)	Akalat à tête noire		Wowo4	
<i>Illadopsis rufescens</i> (Reichenow, 1878)	Akalat à ailes rousse		Wowo4	

Sturnidae

<i>Lamprotornis splendidus</i> (Vieillot, 1822)	Choucador splendide			Vououvou ¹
--	------------------------	--	--	-----------------------

Turdidae

<i>Turdus pelios</i> Bonaparte, 1850	Merle Africain			Bo coun miannin ¹
---	-------------------	--	--	------------------------------

Muscicapidae

<i>Melaenornis edolioides</i> (Swainson, 1837)	Gobemouche drongo		Sebhle bità ti ⁵	
<i>Muscicapa cassini</i> Heine, 1860	Gobemouche de cassin	Zèy ti ⁵		Zèy ti ⁵
<i>Muscicapa comitata</i> (Cassin, 1857)	Gobemouche ardoisé	Zèy t ¹⁵		Zèy ti ⁵
<i>Cossypha niveicapilla</i> (Lafresnaye, 1838)	cossyphe à calotte neigeuse	Zèy ⁴		Zèy ⁴
<i>Luscinia megarhynchos</i> Brehm, CL, 1831	Rossignol philomèle		Sraih laà miannin/ Ziblanta miannin ¹	
<i>Ficedula hypoleuca</i> (Pallas, 1764)	Gobemouche noir	Zèy ti ⁵		Zèy ti ⁵
Nectariniidae				
<i>Hedypipna collaris</i> (Vieillot, 1819)	Souimanga à collier	Zèy ⁴	Zèy ⁴	Zèy ⁴
<i>Cyanomitra verticalis</i> (Latham, 1790)	Souimanga à tête verte	Zèy ⁴	Zèy ⁴	Zèy ⁴
<i>Cyanomitra cyanoaema</i> (ardine et Fraser, 1851)	Souimanga à gorge bleue	Zèy ⁴	Zèy ⁴	Zèy ⁴
<i>Cyanomitra olivacea</i> (Smith, A, 1840)	Souimanga olivâtre de l'Ouest	Zèy ⁴	Zèy ⁴	Zèy ⁴
<i>Chalcomitra senegalensis</i> (Linné, 1766)	Souimanga à poitrine rouge	Zèy ⁴	Zèy ⁴	Zèy ⁴
<i>Cinnyris chloropygius</i> (Jardine, 1842)	Souimanga à ventre olive	Zèy ⁴	Zèy ⁴	Zèy ⁴
<i>Cinnyris minullus</i> Reichenow, 1899	Souimanga minule	Lôgô Zèy ⁵	Wonlin Zèy ⁴	Lôgô Zèy ⁵
<i>Cinnyris coccinigastrus</i> (Latham, 1802)	Souimanga éclatant (mâle)	Lôgô Zèy (mâle) /Tchan Zèy (femelle) ⁵	Zèy ⁴	Lôgô Zèy (mâle) /Tchan Zèy (femelle) ⁵
<i>Cinnyris cupreus</i> (Shaw, 1811)	Souimanga cuivré (mâle)	Lôgô Zèy (mâle) /Tchan Zèy (femelle) ⁵	Zèy ⁴	Lôgô Zèy (mâle) /Tchan Zèy (femelle) ⁵

Passeridae

<i>Passer griseus</i> (Vieillot, 1817)	Moineau Gris	Trai nrin ⁶	Zwrê/Tokini miannin ⁶	Flâ yuè ⁶
---	--------------	------------------------	-------------------------------------	----------------------

Ploceidae

<i>Ploceus cucullatus</i> (Müller, PLS, 1776)	Tisserin gendarme	Flâ Sraih ³	Sraih ¹	Sraih ¹
<i>Ploceus nigerrimus</i> Vieillot, 1819	Tisserin noir	Douta Sraih / Sraih ti ^{1/5}	Plô dji sraih/ Sraih ti ^{4/5}	Douta sraih ¹
<i>Malimbus scutatus</i> (Cassin, 1849)	Malimbe à queue rouge	Drinha lou drin*	Douta sraih tin/Cohou wuoman tin ^{1/5}	Drinha lou drin ^{1/5}
<i>Malimbus rubricollis</i> (Swainson, 1838)	Malimbe à tête rouge	Drinha lou drin*	Douta sraih tin/Cohou wuoman tin ^{1/5}	Drinha lou drin ^{1/5}
ORDRES/ Familles/ Espèces	Noms Français	BOUAFLE	SINFRA	ZUENOULA
<i>Quelea erythrops</i> (Hartlaub, 1848)	Travailleur à tête rouge	Vuun gbé ¹	Vounni ¹	Gbé/ Voun ¹
<i>Euplectes hordeaceus</i> (Linné, 1758)	Euplectes monseigneur	Vuun gbé ¹	Vounni ¹	Gbé/ Voun ¹
<i>Euplectes macroura</i> (Gmelin, JF, 1789)	Euplectes à dos d'or	Yaa lou boua ¹	Djan ta sraih ³	Waa lou gwla*
<i>Euplectes ardens</i> (Boddaert, 1783)	Euplecte veuve-noire	Gbé ti ⁵	Tûo ta miannin ¹	Gbé ti ⁵
Estrildidae				
<i>Spermestes cucullata</i> Swainson, 1837	Capucin nonnette	Bhouhounin ⁴	Bhouhounin ⁴	Bo tié bouhounin ⁵
<i>Spermestes fringilloides</i> (Lafresnaye, 1835)	Capucin pie	Bhouhounin ⁴	Bhouhounin ⁴	Bo tié bouhounin ⁵
<i>Spermetes bicolor</i> (Fraser, 1843)	Capucin bicolor	Bhouhounin ⁴	Bhouhounin ⁴	Bo tié bouhounin ⁵
<i>Estrilda melpoda</i> (Vieillot, 1817)	Asrild à joues orange	Gbé ⁴	Djê winn wéhi ⁶	Gbé ⁴
<i>Spermophaga haematina</i> (Vieillot, 1807)	Sénégal sanguin	Gbé ⁴	Bibi tin ⁵	Kpéhénin ⁴
<i>Pyrenestes sanguineus</i> Swainson, 1837	Pyreneste gros bec		Bibi tin ⁵	
<i>Lagonosticta rubricata</i> (Lichtenstein, MHK, 1823)	Amarante foncé	Saapêhè la bhouhounin ¹	Bhouhounin tin ^{4/5}	Dromiannin*
Viduidae				
<i>Vidua chalybeata</i> (Müller, PLS, 1776)	Cambassou du Sénégal	Gbé ti ⁵		Bo tié bouhounin ⁵
<i>Vidua macroura</i> (Pallas, 1764)	Veuve dominicaine	Bouhounin bhoulou bi Droh*	Bonzuanin*	Bouhounin blou bi Droh*
Motacillidae				
<i>Motacilla flava</i> Linné, 1758	Bergeronnette printanière	Bhoui sraih ³		Bhouita miannin ³
<i>Motacilla aguimp</i> Dumont, 1821	Bergeronnette pie	Zèy fouhou ⁵		Bhouita miannin ³
<i>Macronyx croceus</i> (Vieillot, 1816)	Sentinelle à gorge jaune	Bhoui sraih ³	Sraih ¹	Zèy ⁴
<i>Anthus leucophrys</i> Vieillot, 1818	Pipit à dos unis	Bhoui Zèy ³		Zôzô/ Sowuli luelou*
<i>Anthus trivialis</i> (Linné, 1758)	Pipit des arbres	Bhoui Zèy ³		Zôzô/ Sowuli luelou*
Fringillidae				
<i>Crithagra mozambica</i> (Müller, PLS, 1776)	Serin du Mozambique	Sraih ¹		Sraih ¹
	232	177	198	194

Concepts de base d'appellation des oiseaux en Gouro

Les interviews ont montré que dans les trois départements, le peuple Gouro utilise différentes valeurs de référence pour désigner les diverses espèces d'oiseaux. Ces valeurs se reposent sur six expressions ou concepts de base. Ce sont : le comportement ou l'éthologie de l'oiseau, la vocalisation et le bruitage de l'oiseau, le lieu d'habitation et l'écologie de l'espèce, sa morphologie ou la forme d'un de ses organes, la couleur de son plumage et son utilisation sociale de l'espèce (Tableau 2). Dans chaque département, près de 10% de l'avifaune portent des appellations qui ne sont liées à aucun de ces six concepts de base. Et tous départements confondus, 39 espèces portent au moins deux appellations différentes.

Dans l'ensemble de ces concepts, l'appellation à partir du comportement est la plus importante dans la région de la Marahoué. Elle porte sur le plus grand nombre d'espèces (34% des oiseaux), en suite vient celle liée à la morphologie (29% des oiseaux) et la vocalisation (13%) (Figure 4). Les noms relatifs à la coloration du plumage des oiseaux sont attribués à 12% des espèces d'oiseaux et ceux décrivant l'écologie concernent 8% des oiseaux. L'utilisation sociologique porte sur le plus petit nombre d'espèces d'oiseaux (4%).

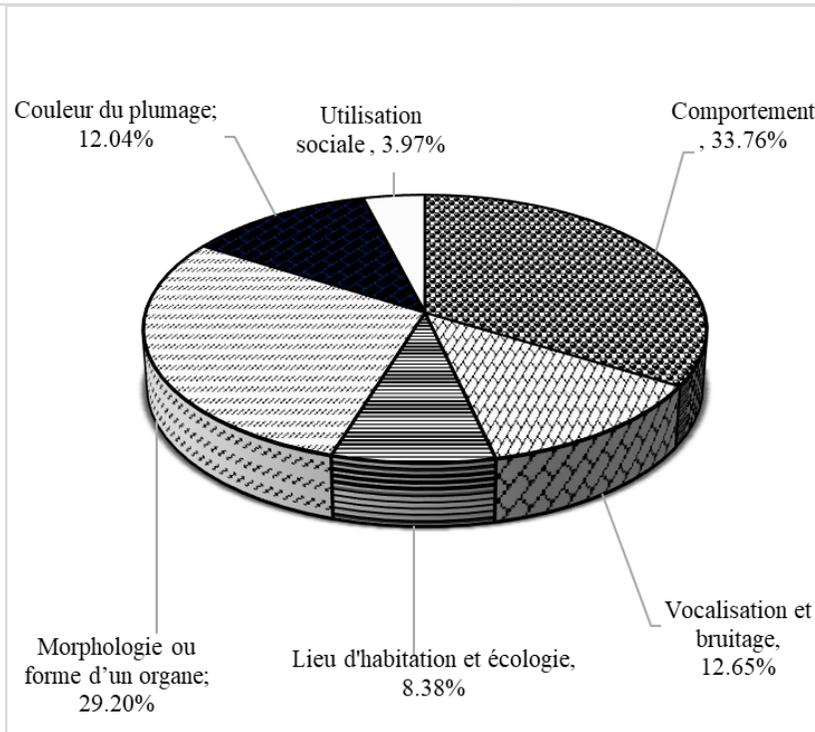
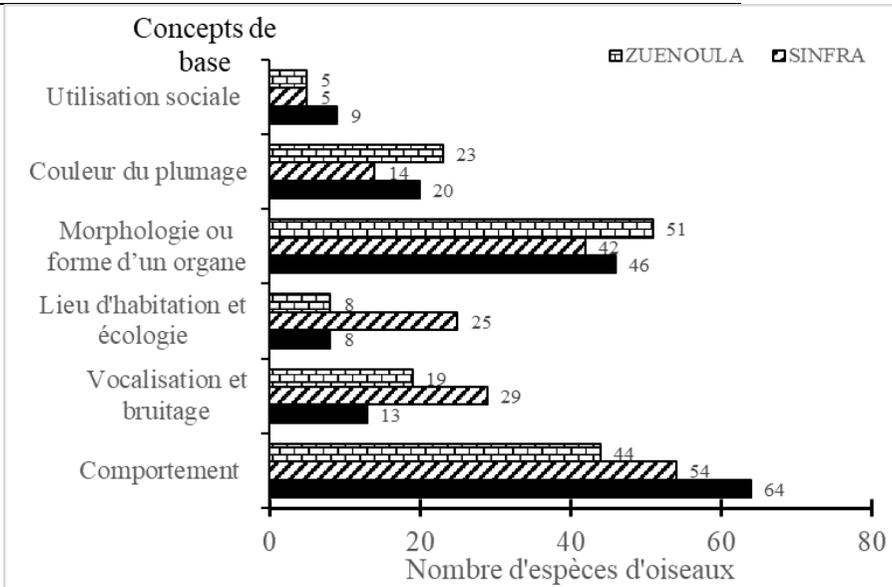
En considérant les différents départements, l'appellation suivant l'observation du comportement est la plus importante à Bouaflé et à Sinfra (Figure 5). Elle concerne, dans ces deux départements, respectivement 64 espèces et 54 espèces différentes. Elle est suivie par l'appellation suivant la morphologie qui se rapporte à 46 espèces à Bouaflé et 42 espèces d'oiseaux à Sinfra. Quant au département de Zuénoula, c'est plutôt la désignation suivant la morphologie qui prime avec 51 espèces d'oiseaux suivie du comportement des espèces relatifs à 44 autres espèces. Dans les trois départements, l'utilisation sociale demeure la plus petite unité de désignation des noms des oiseaux, chez le peuple Gouro.

Tableau 2. Nombre d'espèces d'oiseaux par concept de base d'attribution des noms en langue Gouro par localité chez le peuple Gouro de la Marahoué

Concepts de base	Nombre d'espèces d'oiseaux par Localités			Nombre Moyen d'espèces d'oiseaux
	BOUAFLE	SINFRA	ZUENOULA	
Comportement	64	54	44	54
Vocalisation et bruitage	13	29	19	20,33
Lieu d'habitation et écologie	8	25	8	13,6
Morphologie ou forme d'un organe	46	42	51	46,3
Couleur du plumage	20	14	23	19

Utilisation sociale	9	5	5	6,33
Double appellation	2	9	28	13
Sans spécificité ou insuffisance de données	15	20	16	17

TOTAL 177 198 194



Discussion

Les entretiens avec un plus grand nombre de personnes, et de façon équitable dans toutes les localités de la région de la Marahoué, aurait permis de collecter presque tous les verbatims portant le relationnel du peuple Gouro avec la faune aviaire. Mais les données obtenues auprès des 1146 personnes interrogées ont donné de comprendre les connaissances que ce peuple détient sur les oiseaux.

En effet, à partir des supports présentés lors de cette étude, les populations Gouro de la région de la Marahoué ont pu identifier près de 232 espèces d'oiseaux. Ce nombre est important puisqu'il constitue près de 31% des espèces d'oiseaux de la Côte d'Ivoire (Lauginie, 2007 ; Gill et Donsker, 2021). Cette identification pourrait traduire que le Gouro de la Marahoué a au moins une idée de l'existence de l'avifaune de son milieu. En effet, toutes les espèces identifiées sont effectivement susceptibles d'être dans la zone d'étude (Borrow et Demey, 2008). Ce qui est d'autant plus certain que toutes les 232 espèces n'ont pas été reconnues à la fois par toutes les populations. Car dans certaines localités, certaines espèces d'oiseaux ont été reconnues alors que d'autres ne l'ont pas été. C'est le cas du Vanneau à tête blanche *Vanellus albiceps* qui a été identifié uniquement à Sinfra et à Zuénoula.

Ces résultats révèlent que le peuple Gouro de la région de la Marahoué détient une connaissance sur l'avifaune de son milieu. Cette connaissance se perçoit à travers l'identification de ces espèces avifauniques et de leurs appellations. En effet, le système de nomenclature des oiseaux, chez ce peuple, semble se baser sur plusieurs aspects conceptuels de base dont le principal est le « comportement de l'espèce » dans les trois départements. Ainsi, la prédominance de cette considération traduirait la longue et profonde observation que ce peuple opère sur les éléments de la nature. Cette idée est soutenue par Kizungu et al. (1998) et Terashima (2007) qui ont montré que les peuples locaux ou indigènes sont de grands observateurs de leur milieu. Les autres notions de détermination des noms viennent pour compléter les différentes appellations de ces bio-organismes (Mouguiama-Daouda, 2008). Ces mêmes principes de désignation avaient été décrites par les travaux de Kizungu et al. (1998) et de Farias et Alves (2007b) lorsqu'ils ont travaillé respectivement sur le peuple Tembo de la République de Congo (RDC) (ancien Zaïre) et en Igarassu au Brésil. Ces travaux permettent d'affirmer tout comme Farias et Alves (2007b) et Zariquiey (2014) qu'il existe effectivement chez les peuples "dits indigènes" des motivations de nomination qui leur permettent de s'orienter et d'être en parfaite harmonie avec la nature. De même, Terashima (2003) a constaté que chez les Mbuti en RDC Ex-Zaïre, l'appellation des espèces animales à partir l'interprétation du comportement est plus importante que celle selon l'usage. Ainsi pour désigner par exemple tous les aigles, le peuple Gouro de la Marahoué a utilisé le nom **Tchetche** ou

Tchedjè. La valeur de base pour cette appellation est plutôt le comportement alimentaire de ces oiseaux. En effet, le terme **Tchetche** vient du mot **Tchedjè** qui lui-même se traduit par « s'entretuer ». En attribuant cette appellation aux aigles, le Gouro les assimile tous, au comportement de l'Aigle qui s'attaque principalement aux autres espèces de vertébrés (Borrow et Demey, 2008). Il en est de même que le cas du Calao à huppe blanche qui est nommé **Pale Ta manin** ou **peih ta main** traduisant littéralement par « Poule du singe ». En effet, pour le Gouro, l'oiseau est un indicateur de la présence des singes, car il a plusieurs fois été observé, par les chasseurs Gouro, à la suite des hordes de cercopithèques. Ces connaissances ethnoornithologiques s'alignent sur les travaux de Gill et Donsker (2021) qui affirment qu'en suivant les singes, le Calao à huppe blanche s'alimente des fruits que ceux-ci font tomber ou des insectes dérangés au passage.

De ces travaux, il ressort que la constitution des noms des espèces d'oiseaux chez les Gouro est alors basé sur des logiques de l'harmonie dans le vécu quotidien et les considérations populaires du peuple Gouro. Cette assertion est soutenue par Lévi-Strauss (1987) et Ploeg et Weerd (2010). En effet, ces auteurs ont affirmé, dans leurs différents travaux, que les études des différentes formules de ségrégation des animaux sont fondées sur le concours de plusieurs logiques populaires ; lesquelles logiques devant intégrer, à la fois, les caractéristiques morphologies, les usages culturels, les caractéristiques éthologiques des espèces. Ces logiques que Bonta (2010) appelle "connaissances ou savoirs écologiques traditionnels "existent chez tous les peuples « indigènes » (Sinclair et al., 2010 ; Awo et al., 2020). Ces données recueillies permettent alors de rapprocher la systématique populaire des considérations scientifiques (Sinclair et al., 2010 ; Tidemann et al., 2010 ; Lecointre et Le Guyader, 2017). Elles relatent alors l'originalité des modes de nomination chez les peuples « indigènes » (Lévi-Strauss, 1983) que la science devrait prendre en compte, même si ces considérations sont quelquefois empiriques. Ces travaux attestent que le Gouro de la Marahoué connaît effectivement les oiseaux et fait corps avec son milieu de vie.

En comparaison avec les travaux antérieurs, il ressort que Grégoire (1976), après une étude sur le peuple Gouro de Zuénoula, avait identifié 48 appellations d'espèces d'oiseaux dont 62,5 % se retrouvent dans les résultats actuels. Certaines de ces appellations données par cet auteur ne correspondent pas aux mêmes espèces, c'est le cas du Pygargue vocifère que Grégoire (1976) appelle Aigle pêcheur. À Zuénoula, cette espèce est nommée **Yi la ganmian** par Grégoire (1976) alors que dans la présente étude, dans le même département, sont appelés **Yi laganmian** le Héron pourpré et le Héron cendré. Quant au Pygargue vocifère, il porte principalement le nom **Plein** dans les quatre départements, mais parfois certains le nomment **Tchetche bi goo** dans tous les départements sauf à Zuénoula. De même, les populations de Zuénoula

ont donné à l'Aigle couronné le nom *Zowlou bi Tchetchè*, alors que les travaux de Grégoire (1976) révèlent que cette espèce est nommée *Bibhi*. Le dernier exemple est celui du *Sraih gonin bolo*. En effet, dans les travaux de Grégoire (1976), cette appellation est attribuée au Tisserin gendarme alors que dans le département de Bouaflé et de Zuénoula, elle désigne Lorient à aile noire et Lorient à tête noire. Le facteur principal pouvant expliquer ces différences se situe au niveau de l'objectif des deux études. En effet, contrairement à cette étude, les travaux de Grégoire (1976) n'avaient pas pour vocation de se focaliser uniquement sur les oiseaux, par conséquent, il a pu identifier juste 48 espèces d'oiseaux contrairement à cette étude où les populations de Zuénoula ont identifié 194 espèces d'oiseaux. À cela, faut-il ajouter l'effet temps ; car Grégoire (1976) a réalisé ses études au moins 34 ans plutôt, alors que la présente étude date de 2010 à 2013. Les différentes espèces avifauniques du temps de l'étude de cet auteur et même certains interlocuteurs auraient disparu au profit d'autres nouvelles espèces avec la disparition des habitats (Conwey, 2006).

Par ailleurs, certaines espèces (environ 13) portent à la fois des appellations mixtes. Toutes ces appellations sont relatives aux différentes observations et considérations du peuple. Il en ressort alors le caractère relatif des principes et valeurs relevées à travers la nature. Ainsi, pendant que certains privilégient un aspect, d'autres ont le regard sur une autre caractéristique de la même espèce. C'est l'exemple des Meropidae qui sont à la fois appelés à *Yoroo* en rapport avec le comportement ou le vol de l'espèce et *Toonin (Zido gouli bi tooniin)* en liaison avec leur milieu de vie. De même la plupart des Scolopacidae sont appelés par fois *Poh ble miannin* (oiseau consommateur de poisson) et d'autres fois *Yi man miannin* (oiseau d'eau) en rapport avec leur écologie.

En outre, près de 17 espèces d'oiseaux en moyenne portent des noms qui ne sont liés à aucune référence. Ces cas concernent les espèces pour lesquelles les données de caractérisation sont insuffisantes. Plusieurs facteurs pourraient justifier ces insuffisances. En effet, avec l'évolution, certains noms pourraient subir des modifications dans la prononciation, créant ainsi un vide entre l'espèce référée et son appellation (Mouguiama-Daouda, 2008). De plus, les informateurs eux-mêmes peuvent être à court d'informations du fait de la méconnaissance de l'espèce référée ou lors de la transmission des descendants aux ascendants (Mouguiama-Daouda, 2008). En outre, certains de ces noms pourraient être empruntés (Ploeg et Weerd, 2010). En effet, depuis les années 1970, le peuple Gouro de la Marahoué partage le même territoire avec des allochtones et des allogènes, à la recherche des terres cultivables (Meillassoux, 1999). De ce fait, certaines espèces d'oiseaux pourraient porter des noms issus de ce brassage inter-ethnique-linguistique. Enfin, d'autres noms seraient issus

des onomatopées au point de ne plus en savoir le lien comme l'explique Mouguiama-Daouda (2008).

Conclusion

Cette étude a permis de montrer que les Gouro de la Région de la Marahoué ont pu identifier et nommer un total de 232 espèces d'oiseaux de 65 familles et 21 ordres. Cette identification a été faite plus à Sinfra avec 198 espèces différentes d'oiseaux de 57 familles et 18 ordres. Plus de la moitié de ces oiseaux ont été reconnues dans toutes les localités de la Marahoué. Les familles des Accipitridae, des Pycnonotidae et des Cisticolidae sont les plus diversifiées. Ces données traduisent combien le peuple Gouro a conscience de l'existence des espèces aviaires dans son environnement. Ainsi pour la détermination des noms des oiseaux, les Gouro de la Marahoué se sont appuyés sur six importantes motivations de détermination dont le plus utilisé est le comportement des espèces avifauniques. Ce qui révèle que le peuple Gouro est un peuple observateur des éléments de la nature tels que les oiseaux. De même, il détient des connaissances écologiques traditionnelles qui s'accordent avec des données scientifiques. Ces données constituent une importante base de données à prendre en compte dans l'élaboration des grands programmes de gestion des ressources forestières non ligneuses.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Directeur de l'UFR Biosciences et le Directeur du Laboratoire des Milieux naturels et de la Conservation de la Biodiversité qui nous ont donné leur accord pour la réalisation de ces travaux. Nos remerciements vont à l'endroit de tous les chefs et notables des différents villages visités, dans la région de la Marahoué, qui ont facilité la collecte des données sur le terrain. Nous exprimons notre gratitude à l'endroit de tous nos collègues, surtout, ceux de l'Unité Pédagogique et de Recherche de la Biologie de la Conservation et Gestion de la faune surtout qui ont apporté leurs contributions lors de la rédaction et la révision de cet article. De même, nous remercions tous ceux qui ont apporté leur remarque constructive à l'amélioration de cet article.

Conflits d'intérêts: Les différents auteurs de cet article déclarent qu'ils n'ont aucun intérêt en concurrence.

Contributions de l'auteur: Chaque auteur a participé suffisamment au travail pour prendre la responsabilité publique pour des portions appropriées du contenu :

- K.B.T.M. : Rédaction du projet, récolte des données sur le terrain, analyse et interprétation de données, conception et rédaction du manuscrit
- K.K.P. : Révision critique de l'article, recherche intellectuel et rédaction et correction du manuscrit ;
- Y.B.K.H : Supervision scientifiques du projet, approbation finale de la version à publier.

Tous les coauteurs sont informés à propos de l'envoi du manuscrit à la revue. L'auteur correspondant, KOUÉ-BI Tih Mathieu, certifie que le manuscrit n'a pas été envoyé ailleurs et que le contenu est en concordance avec les politiques de la ESJ (telles que standards de citations, éthique, conflit d'intérêt, etc.)

Déclaration d'implication des animaux: Dans le cadre étude, aucun animal cité n'a fait l'objet de capture ni de manipulation.

Déclaration de financement: Cette étude n'a bénéficié d'aucun financement extérieur. Elle a été réalisée sur fonds propre des auteurs et co-auteurs.

References:

1. Awo H., Chaffra S.A., Yabi F. B., Lougbegnon T. O., Djondo M. & Tente B. (2020). Étude ethno-zoologique et formes d'utilisation de *Trichechus senegalensis* au Sud Bénin, Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires 8(2), 179-185.
2. Benoît E. (2008). Les changements climatiques : vulnérabilité, impacts et adaptation dans le monde de la médecine traditionnelle au Burkina Faso, VertigoO - la revue électronique en sciences de l'environnement 8(1). Extrait de <http://journals.openedition.org/vertigo/1467>. DOI: 10.4000/vertigo.1467.
3. Bonta M. (2010). Ethno-ornithology and Biological Conservation, In Tidemann et Gosler, Ethno-ornithology: birds, Indigenous Peoples, culture and society, Earthscan LLC, Washington, DC, USA, 13-29.
4. Borrow N. & Demey R. (2008). Oiseaux de l'Afrique de l'Ouest, Guide Delachaux et Niestlé SA, Paris, France, 510 p.
5. Chappuis C. (2000). African Bird Sounds. Birds of North, West and Central Africa. Livrette et 15 CD, Société d'Etudes Ornithologiques de France, Paris, France.
6. Conwey K. (2006). De la forêt aux champs en Côte d'Ivoire, centre de recherche pour le développement international (CRDI). Extrait de <http://www.idrc.ca/fr/html>.
7. Dibi N. H., Kouakou N. E., Egnankou W. M. & Affian K. (2008). Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le parc

- national de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *Revue Télédétection*, 8 (1) : 17-34. ISSN 1813-548X.
8. Djilé D. & Blé S. (2019). Pratique des langues ivoiriennes en ligne : entre effort et confort, *Revue du centre de recherche en analyse du discours de suceava*, 28, 49-59.
 9. Farias G. B. & Alves A. G. C. (2007a). Aspectos históricos e conceituais da Etnoornitologia. *Biotemas*, 20 (1), 91-100.
 10. Farias G. B. & Alves A. G. C., (2007b). Nomenclatura e classificação etnoornitológica em fragmentos de Mata Atlântica em Igarassu, Região Metropolitana do Recife, Pernambuco. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 15(3), 358-366.
 11. Fugier P. (2006). La mise en œuvre d'un protocole de recherche exemplaire en sociologie. Question de départ et quelques ficelles de métier, fiche technique. *Revue Interrogation* N° 8. Fiche Technique 7 p. Extrait de <http://Www.Revueinterrogation.Org>.
 12. Gill F. & Donsker D. (2021). IOC World Bird List (v11.1), Doi : 10.14344/IOC.ML.11.1, the world bird database - Lepage, D. 2020. © 1996-2021 Oiseaux.net. Avibase (ioc v11.1)
 13. Gill F, Donsker D & Rasmussen P. (2022). IOC World Bird List (v 12.2). Doi 10.14344/IOC.ML.12.2. Extrait de <http://www.worldbirdnames.org/>
 14. Grégoire H.C. (1976) : Etude de la langue Gouro (Côte d'Ivoire), enquête lexicale, Tome II, Institut de Linguistique Appliquée, Université d'Abidjan, Cote d'Ivoire : 730-777.
 15. ILA (1996). Une orthographe pratique des langues ivoiriennes, Institut de linguistique appliquée, Université d'Abidjan en collaboration avec l'Association SIL en Côte d'Ivoire, 16 p.
 16. Kaiser F. G., Ranney M., Hartig T. & Bowler P. A. (1999). Ecological Behavior, Environmental Attitude, and Feelings of Responsibility for the Environment, *European Psychologist* 4(2). DOI: 10.1027//1016-9040.4.2.59.
 17. Kizungu B., Ntabaza M. & Mburunge M. (1998). Ethno-ornithology of the Tembo in eastern DRC (former Zaire): part one, kalehe zone. *African Study Monographs*, 19(2),103-113.
 18. Konaté S. & Kampmann D. (2010). Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome III : Côte d'Ivoire, Abidjan & Frankfurt/Main, 560 p.
 19. Kuznetsova O. & Kuznetsova N. (2021). Dictionnaire gouro-français, Mandenkan, 66 : 3-186, DOI : <https://doi.org/10.4000/mandenkan.2599>.
 20. Kuznetsova, N., Kuznetsova O. & Vydrin V. (2008). Propositions pour une réforme de l'orthographe du gouro. *Mandenkan* 44, 43–52.

21. Lambert S. (1999). Quand l'écologie et la biologie s'appelaient histoire ou sciences naturelles application aux animaux utiles ou nuisibles. *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 38, 23-40.
22. Lauginie F. (2007). Conservation de la nature et aires protégées en Côte d'Ivoire. NEI/Hachette et Afrique Nature, Abidjan, XX, 187 p.
23. Lecointre G. & Le Guyader H. (2017). Classification phylogénétique du vivant, Plantes à fleurs, Cnidaires, Insectes, Squamates, Oiseaux, Téléostéens Tome 2, 4^{ème} Edition Revue et Augmentée, Edition Berlin/Humensis France, Paris, 831 p.
24. Lévi-Strauss C. (1983). Histoire et ethnologie. *Annales Economies, Sociétés, Civilisations*, 38(6), 1217-1231.
25. Lévi-Strauss C. (1987). Race et histoire, Folio Gallimard, Paris, France, 127 p.
26. Lorng J. P. (2000). Bilan de la politique de cogestion des forêts classées avec les populations rurales en Côte d'Ivoire : le cas de la Société de développement des forêts. Actes de L'atelier International Sur la Foresterie Communautaire en Afrique, 353-362. Extrait de <http://treesforlife.info/fao/Docs/P/X7760B/X7760B46.pdf>.
27. Meillassoux C. (1999). Chapitre II. Le peuplement. *In Anthropologie économique des Gouro de Côte d'Ivoire : De l'économie de subsistance à l'agriculture commerciale. Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales.* Doi :10.4000/books.editionsehess.111
28. Mouguiama-Daouda, P. (2008). Les noms des oiseaux en Lembaama (b62) dénominations, croyances et indices classificatoires, *Psychologie et Culture* 6(11 & 12), 76-102. Extrait de http://193.48.145.249/fulltext/fllac/Mouguiama-Daouda_2007-2008.pdf.
29. Ploeg J. V. D & Weerd V. M. (2010). Ethno-ornithological survey in Northern Sierra Madre, Philippines, *Forktail* 26, 127–131.
30. Prokop P., M. Kubiato & Fancovicová J. (2008). Slovakian Pupils' Knowledge of, and Attitudes toward, Birds, *Anthrozoos*, 21(3), 221-235. DOI: 10.2752/175303708X332035.
31. Roskov Y., Ower G., Orrell T., Nicolson D., Bailly N., Kirk P.M., Bourgoin T., DeWalt R. E., Decock W., Nieukerken E. van, Zarucchi J. & Penev L., eds. (2020). Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2020 Annual Checklist. Extrait de www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2020. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-884X.
32. Sinclair J. R., Tuke L & Opiang M. (2010). What the Locals Know: Comparing Traditional and Scientific Knowledge of Megapodes in Melanesia. In Tidemann et Gosler, *Etho-ronithology: birds*,

- Indigenous Peoples, culture and society. Earthscan LLC, Washington, DC, USA, 115-137.
33. Terashima H. (2003). Names, use and attributes of plants and animals among the ituri forest foragers: a comparative ethnobotanical and ethnozoological study. *African Study Monographs, Suppl.*28, 7-24. Extrait de <http://hdl.handle.net/2433/68429>.
 34. Terashima H. (2007). The status of birds in the natural world of the Ituri forest hunter-gatherers. Animal symbolism: the “keystone” animal in oral tradition and interactions between humans and nature. IRD, Paris, 147-162. Extrait de <https://www.researchgate.net/publication/308261746>.
 35. Tidemann S., Chirgwin S. & Sinclair J. R. (2010). Indigenous knowledges, birds that have'spoken'and science In Tidemann et Gosler. *Etho-ronithology: birds, Indigenous Peoples, culture and society*, Earthscan LLC, Washington, DC, 3-12.
 36. Yaokokoré-Béibro K. H., (1995). Contribution à l'étude ethnozoologique dans la forêt classée de Badénou (Korhogo), exemple des mammifères. Mémoire de DEA Ecologie Tropicale option Animale à l'Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 60 p.
 37. Yaokokoré-Béibro K.H. (2010). Oiseaux du parc National des Iles Ehotilé ; Sud-Est Côte d'Ivoire. *Malimbus*, 32, 89-102.
 38. Zariquiey R. (2014). Name Types, Polysemy and Contrast Sets in Kakataibo Ethnobiological Nomenclature (Pano, Peru), *Journal of Ethnobiology*, 34(2):251-272. 2014. Extrait de <http://dx.doi.org/10.2993/0278-0771-34.2.251>.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Caractéristiques Epidémiologiques et Cliniques des Cervicalgies non Traumatiques en Consultation Rhumatologique dans la Ville de Bouaké, Côte d'ivoire

Ehaulier Kouakou SCL

Joseph Koffi KE

Service de Rhumatologie,
Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bouaké, Côte d'ivoire

Charles Sougué

Service de médecine interne,
CHU Sourô Sanou de Bobo Dioulasso, Burkina Faso

Konan Yao JC

Aissata Traore

Jean-Jacques Goua

Service de Rhumatologie,
Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bouaké, Côte d'ivoire

Bali Ouattara

Service de Rhumatologie,
Centre Hospitalier Universitaire de Cocody, Abidjan, Côte d'ivoire

Phillipe Goupille

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire Tours, France

Jean-Claude Daboiko F

Service de Rhumatologie,
Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bouaké, Côte d'ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p170](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p170)

Submitted: 10 July 2023

Accepted: 16 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Ehaulier Kouakou SCL., Joseph Koffi KE, Sougué C., Konan Yao JC., Traore A., Goua J.J., Ouattara B., Goupille P.& Jean-Claude Daboiko F. (2023). *Caractéristiques Epidémiologiques et Cliniques des Cervicalgies non Traumatiques en Consultation Rhumatologique dans la Ville de Bouaké, Côte d'ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 170. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p170>

Résumé

Objectif : Etudier les caractéristiques épidémiologiques et diagnostiques des cervicalgies non traumatiques chez une population noire

d'Afrique sub-saharienne. Patients et méthodes : Etude rétrospective descriptive sur une période de six ans, de Janvier 2014 à Décembre 2019 portant sur les patients vus pour une cervicalgie non traumatique en consultation de rhumatologie à Bouaké en Côte d'Ivoire. Résultats : Sur 4036 patients vus pour une affection rhumatologique, 130 avaient une cervicalgie non traumatique soit une fréquence de 3,2%. L'âge moyen des patients était de $54,03 \pm 13,71$ ans et le sex ratio de 0,8. Le groupe d'âge de 40 à 70 ans représentait 74,6 % des patients (97 cas). Les patients consultaient surtout pour une forte douleur à début progressif (56,2%), d'évolution chronique (63,9%), et une monoparésie brachiale était observée dans quatre cas (3,1%). Il s'agissait surtout d'une cervicalgie isolée (63,1%), parfois associée à une névralgie cervico-brachiale (9,2%), à une rachialgie dorsolombaire (18,5%) ou à une arthralgie périphérique (9,2%). La radiographie standard (94,6%) était l'imagerie la plus prescrite. Les diagnostics retenus étaient la cervicalgie commune (87,7%), la polyarthrite rhumatoïde (4,6%), le mal de Pott (3,1%), une métastase de cancer de la prostate (1,5%), et le myélome multiple (3,1%). Soixante-douze patients (55,4%) avaient entrepris une automédication avant la consultation avec des anti-inflammatoires dans 43,1% des cas et des antibiotiques dans 4,2%. Conclusion : La cervicalgie non traumatique n'est pas rare en consultation rhumatologique à Bouaké. Elle touche surtout les patients entre 40 et 70 ans et les femmes sont les plus concernées. La cervicalgie commune est le diagnostic le plus fréquent.

Mots-clés : Cervicalgie non traumatique, rachialgie commune, Bouaké

Epidemiological and Clinical Characteristics of Non-traumatic Neck Pain in Rheumatology Consultations in the City of Bouaké, Ivory Coast

Ehaviour Kouakou SCL

Joseph Koffi KE

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bouaké, Côte d'ivoire

Charles Sougué

Service de médecine interne,

CHU Sourô Sanou de Bobo Dioulasso, Burkina Faso

Konan Yao JC

Aissata Traore

Jean-Jacques Goua

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bouaké, Côte d'ivoire

Bali Ouattara

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire de Cocody, Abidjan, Côte d'ivoire

Phillipe Goupille

Service de Rhumatologie, Centre Hospitalier Universitaire Tours, France

Jean-Claude Daboiko F

Service de Rhumatologie,

Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Bouaké, Côte d'ivoire

Abstract

Objective: To study the epidemiological and diagnostic features of non-traumatic neck pain in a black sub-Saharan African population. **Patients and methods:** Retrospective descriptive study over a six-year period, from January 2014 to December 2019 covering patients seen for non-traumatic neck pain in rheumatology consultation in Bouaké, Côte d'Ivoire. **Results:** Of 4036 patients seen for a rheumatological condition, 130 had non-traumatic neck pain, a frequency of 3.2%. The mean age of patients was 54.03 ± 13.71 years, and the sex ratio was 0.8. The 40-70 age group accounted for 74.6% of patients (97 cases). Patients mainly consulted for severe pain with progressive onset (56.2%), chronic evolution (63.9%), and brachial monoparesis was observed in four cases (3.1%). The pain was mainly isolated cervicgia (63.1%), sometimes associated with cervicobrachial neuralgia (9.2%), dorsolumbar spinalgia (18.5%) or peripheral arthralgia (9.2%). Standard radiography (94.6%) was the most frequently prescribed imaging technique.

The most common diagnoses were common neck pain (87.7%), rheumatoid arthritis (4.6%), Pott's disease (3.1%), prostatic metastasis (1.5%), and multiple myeloma (3.1%). Seventy-two patients (55.4%) had undertaken self-medication prior to consultation, with non-steroidal anti-inflammatory drugs in 43.1% of cases and antibiotics in 4.2%. Conclusion: Non-traumatic neck pain is not uncommon in rheumatology consultations in Bouaké. It mainly affects patients between 40 and 70 years of age, and women are most affected. Common cervicalgia is the most frequent diagnosis.

Keywords: Non-traumatic cervicalgia, Neck pain, Bouaké

Introduction

Les cervicalgies sont fréquentes en pratique rhumatologique dans le monde [Djaha et al. (2011), Fransoo et al. (2009)]. La fréquence de la cervicalgie varie entre 10 et 15 % dans la population Européenne [Fransoo et al. (2009), Rat et al. (2004)]. En Afrique, plusieurs études se sont intéressées à la pathologie du rachis cervical [Djaha et al. (2011), Zabsonré et al. (2019)]. Au Burkina Faso, la fréquence de la cervicalgie est de 4% en consultation rhumatologique [Zabsonré et al. (2019)]. A Kara au Togo, la cervicalgie dégénérative représente 7% des affections rhumatologiques [Houzou et al. (2020)]. Au Bénin, la cervicalgie est présente chez 44,3% des utilisateurs d'ordinateurs [Zomalheto et al. (2012)]. En Côte d'Ivoire, la fréquence hospitalière des cervicalgies est estimée à 4,2 % à Abidjan [Djaha et al. (2011)]. Cependant à Bouaké, aucune étude n'a été effectuée à ce sujet. L'objectif de cette étude était d'étudier le profil épidémiologique et diagnostique des cervicalgies non traumatiques (CNT) en consultation de rhumatologie à Bouaké en Côte d'Ivoire.

Patients et méthodes

Nous avons mené une étude rétrospective descriptive sur une période de six ans, de Janvier 2014 à Décembre 2019, portant sur les patients souffrants de CNT. Il s'agissait de patients noirs originaires d'Afrique Sub-Saharienne vus en consultation externe de rhumatologie du centre hospitalier universitaire de Bouaké en Côte d'Ivoire. Nous avons inclus tous les dossiers-patients chez qui le diagnostic de CNT a été retenu durant la période de recrutement. Tous les dossiers-patients inexploitable ont été exclus de l'étude. L'outil de recueil des données était une fiche de collecte de données. Le diagnostic de CNT était retenu chez tout patient ayant consulté pour une cervicalgie, quelle que soit l'étiologie, survenant dans un contexte non traumatique. De ce fait, tout patient avec un antécédent de traumatisme vertébro-médullaire de moins de 6 mois avant l'épisode actuel a été exclu de l'étude.

Les caractéristiques épidémiologiques étudiées étaient : l'âge, le sexe, et la profession. Les aspects diagnostiques étudiés étaient : le mode de début de la symptomatologie, la durée d'évolution avant la consultation, l'intensité de la douleur, le motif de consultation, les antécédents, la présence de déficit moteur, l'imagerie réalisée et les lésions observées, le diagnostic retenu, la présence d'une automédication et les médicaments utilisés en cas d'automédication. Les données ont été analysées par le logiciel «EPI-INFO» dans sa version 7. Sur le plan éthique, la confidentialité et l'anonymat des personnes enquêtées ont été respectés.

Resultats

Sur 4036 patients ayant consulté pour une affection rhumatologique pendant la période d'étude, 130 avaient une CNT soit une fréquence de 3,2%. L'âge moyen de la population étudiée était de $54,03 \pm 13,71$ ans avec des extrêmes allant de 21 ans à 90 ans. Le groupe d'âge de 40 à 70 ans représentait 74,6 % des patients (97 cas). Le sex ratio était de 0,8 (57 hommes et 73 femmes). Concernant la profession des patients, 75 étaient des femmes au foyer, agriculteurs, commerçants, et ouvriers (57,7%), et 55 étaient des enseignants, personnel médical, agents des forces de l'ordre, secrétaires et cadres administratifs retraités ou non (42,3%).

Le début de la symptomatologie était brutal chez 57 patients (43,8%) et progressif chez 73 patients (56,2%). L'évolution était aigüe dans 13,8% des cas (18 patients), subaiguë dans 22,3% des cas (29 patients), et chronique dans 63,9% des cas (83 patients). L'intensité de la douleur était modérée ($4 < \text{EVA} \leq 7$) dans 100 cas (76,9%) et sévère ($\text{EVA} > 7$) dans 30 cas (23,1%). Sur le plan clinique, un déficit moteur (monoparésie brachiale) était observé dans quatre cas (3,1%). Le tableau 1 indique les antécédents et les motifs de consultation.

Tableau 1. Antécédents, motifs de consultation

		Effectif	Pourcentage
Antécédents	HTA	10	7,7
	Diabète	25	19,2
	Polyarthrite Rhumatoïde	6	4,6
	Cancer de la prostate	2	1,5
	Epigastralgie	26	20
	Alcool-Tabac	13	10
	VIH1	2	1,5
	Hépatite B	2	1,5
Motif de consultation	Cervicalgie isolée	82	63,1
	Névralgie Cervico-Brachiale Associée	12	9,2
	Rachialgie dorsolombaire associée	24	18,5
	Arthralgie périphérique associée	12	9,2

Tous les patients avaient bénéficié d'une imagerie (100%). Il s'agissait de radiographies standards (123 patients soit 94,6%), du scanner (13 patients soit 10%) et de l'IRM (1 patient soit 0,8%). Les diagnostics retenus étaient la cervicalgie commune (87,7%), la polyarthrite rhumatoïde (4,6%), le mal de Pott (3,1%), une métastase de cancer de la prostate (1,5%), et le myélome multiple (3,1%). Le tableau 2 indique les lésions radiologiques et les diagnostics retenus.

Tableau 2. Lésions radiologiques et les diagnostics retenus

		Effectif	Pourcentage
Lésions radiographiques	Unco-cervicarthrose	82	63,1
	Discopathie	76	58,5
	Déminéralisation	20	15,4
	Spondylodiscite	4	3,1
	Tassement vertébral	4	3,1
	Ostéolyse	2	1,5
	Radiographie normale	13	10
Diagnostic retenu	Cervicalgie commune	114	87,7
	Polyarthrite rhumatoïde	6	4,6
	Mal de Pott	4	3,1
	Myélome multiple probable	4	3,1
	Métastase osseuse de cancer prostatique	2	1,5

Sur le plan thérapeutique, 72 patients (55,4%) avaient entrepris une automédication avant la consultation. Il s'agissait d'anti-inflammatoires non

stéroïdiens (43,1%), d'antalgiques (40,3%), de myorelaxants (15,3%), et d'antibiotiques (4,2%).

Discussion

La CNT n'est pas rare en pratique rhumatologique à Bouaké. Sa fréquence est de 3,2% en consultation, et son incidence moyenne de 21,7 cas par an soit environ deux cas par mois. La cervicalgie commune est l'étiologie la plus fréquente et les lésions dégénératives sont fréquentes à la radiologie. En effet la fréquence des CNT varie entre 3 et 7% en pratique rhumatologique en Afrique subsaharienne selon les études [Djaha et al. (2011), Zabsonré et al. (2019)]. La cervicalgie commune est effectivement l'étiologie la plus fréquente. Elle représente 85,7% des cervicalgies à Ouagadougou au Burkina Faso [Zabsonré et al. (2019)], 87 % à Abidjan en Côte d'Ivoire [Djaha et al. (2011)] et 13,1% des rachialgies communes à Kara au Togo [Houzou et al. (2020)].

La population étudiée avait un âge moyen d'environ 54 ans et était majoritairement constituée de femmes. Les patients consultaient surtout pour une douleur chronique d'intensité modérée à forte, et un déficit moteur à type de monoparésie brachiale était présent dans quatre cas (3,1%). Le sex ratio était en faveur des femmes dans l'étude Togolaise [Houzou et al. (2020)], mais les hommes étaient plus nombreux dans l'étude menée au Burkina Faso [Zabsonré et al. (2019)]. L'âge moyen des patients variait entre 45 et 50 ans dans ces deux études [Houzou et al. (2020), Zabsonré et al. (2019)]. Un déficit moteur à type de tétraparésie était présent dans trois cas (1,8%) dans l'étude menée au Burkina Faso [Zabsonré et al. (2019)].

Tous les patients avaient bénéficié d'une imagerie. Il existe désormais une recommandation sur la pertinence des imageries en cas de cervicalgie non traumatique de l'adulte [Avenel et al. (2021)]. En effet, elle n'est pas indiquée en cas d'épisode de cervicalgie commune évoluant depuis moins de 4 à 6 semaines [Avenel et al. (2021)]. La radiographie standard n'est indiquée qu'en cas de suspicion de complication d'une chirurgie du rachis sans signe neurologique déficitaire, ou en cas de cervicalgie de plus de six semaines sans radiculalgie [Avenel et al. (2021)]. L'IRM est indiquée en cas de déficit moteur ou de suspicion de pathologie inflammatoire, et l'angio-IRM en cas de suspicion de dissection artérielle cervicale [Avenel et al. (2021)]. Le scanner est l'alternative si l'IRM est contre-indiquée ou non disponible [Avenel et al. (2021)]. Dans notre étude, une IRM était souvent indiquée chez des patients mais n'a pu être réalisé que chez un patient. La radiographie standard est souvent prescrite à défaut. Les recommandations ne sont donc pas toujours respectées compte tenu des difficultés d'accès financiers et même parfois physiques de ces examens dans notre contexte [Kouakou et al. (2023)]. Ce qui a pu favoriser un défaut de diagnostic de certaines pathologies.

Sur le plan thérapeutique, plus de la moitié des patients (55,4%) avaient entrepris une automédication avant la consultation. Cela soulève une réalité de la pratique médicale dans notre contexte [Loe et al. (2017)]. En effet, certains patients consultent seulement en cas d'échec de l'automédication [Loe et al. (2017)]. Cela pourrait s'expliquer par la crainte du coût de la prise en charge médicale qui n'est souvent pas accessible pour la population. Par exemple, une étude menée au Togo a montré que le cout moyen de la prise en charge d'une lombalgie commune était de quatre fois le Salaire Minimum Interprofessionnel Garanti [Fiany et al. (2007)].

Conclusion

La cervicalgie non traumatique constitue un motif non négligeable de consultation en rhumatologie dans la ville de Bouaké. Elle concerne surtout les patients entre 40 et 70 ans, et touche d'avantage les femmes notamment celles aux foyers. Les patients consultaient le plus souvent pour une douleur chronique d'intensité modérée à forte, et après un échec thérapeutique par automédication. La cervicalgie commune est le diagnostic le plus fréquent et les lésions dégénératives sont fréquentes à la radiologie. La radiographie standard est fréquemment prescrite à défaut d'imageries plus pertinentes, ce qui peut favoriser un défaut de diagnostic de certaines pathologies.

Études humaines : Cette recherche est conforme aux principes éthiques d'Helsinki pour la recherche médicale impliquant des sujets humains. Elle a été approuvée par l'organe institutionnel compétent représenté par la direction médicale scientifique de notre hôpital.

Financement : Nous déclarons n'avoir reçu aucun financement pour ce travail effectué.

Conflits d'intérêts : Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Disponibilité des données : Nos données sont disponibles aux archives des dossiers du centre hospitalier universitaire de Bouaké. Nous n'avons pas de référentiel en ligne.

References:

1. Avenel, G., Bouyer, B., Lindecker-Cournil, V., Bailly, F., Foltz, V., & Zagala, A. (2021). Pertinence des actes d'imagerie cervicale chez l'adulte en cas de cervicalgie. *Rev Rhum ; 88 : A87.*
2. Djaha, KJM., Daboiko, JC., Diomandé, M., Gbané-Koné, M., Eti, E., & Kouakou, NM. (2011). Aspects étiologiques des cervicalgies en

- milieu rhumatologique au CHU de Cocody à Abidjan (Côte d'Ivoire). *Afr Biomed* ; 16 (2):49-52.
3. Fianyo, E., Oniankitan, O., Houzou, P., Tagbor, K., Kakpovi, K., & Mijiyawa, M. (2007). Coût de la lombalgie et de la lomboradiculalgie communes en consultation rhumatologique à Lomé. *Rev Rhum* ; 10 (74):1103-4.
 4. Fransoo, P. (2009). Fiabilité du bilan de la mobilité cervicale. *Kinesither Rev* ; 854-18.
 5. Houzou, P., Atake, A., Diomande, M., Souberou, L., Koffi-Tessio, VES., & Kakpovi, K. (2020). Pathologie dégénérative du rachis en consultation rhumatologique au CHU Kara (Togo). *Rhum Afr Franc* ; 3(1):8-15.
 6. Kouakou, E., Sougué, C., Yao, K., Traoré, A., Koffi, J., Goua, JJ., Goupille, P., & Daboiko, J.C.F. (2023). Aspects épidémiologiques et cliniques des ostéonécroses aseptiques à Abidjan. *ESJ*; 19 (15) : 115-124.
 7. Loe, GE., Ngene, JP., & Pouka, MCKP. (2017). Evaluation de l'automédication par les antalgiques chez l'adulte: cas des clients des pharmacies d'officine de Douala, Cameroun. *Int. j. biol. chem. sci* ; 11(4):1461-70.
 8. Rat, AC., & Guillemin, F. (2004) Epidémiologie et impact médico-économique des cervicalgies. *Rev Rhum* ; 71 (8):653-8.
 9. Zabsonré, WJS., Zabsonré, DS., Kakpovi, K., Kaboré, F., Kambou, B., Sougué, C., Tiendrébéogo, BE., Ouédraogo, M., Sompougoudou, C., Nonguierma, V., & Ouédraogo, DD. (2019). Les cervicalgies en consultation rhumatologique à Ouagadougou: aspects épidémiologiques et diagnostiques. *Rhum Afr Franc* ; 2(2):15-8.
 10. Zomaheto, Z., Goupille, P., Gounongbe, M., & Avimadje, M. (2012). Facteurs prédictifs de survenue des cervicalgies chez les utilisateurs d'ordinateurs au Bénin. *Rev rhum* ; 79(6):579-80.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Diversité des Champignons Mycorhiziens à Arbuscule Associés aux Cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire

Yves Frédéric Cyriak Amani
Kacou Antoine Alban M'bo
Mamadou Cherif
Daouda Koné

Centre d'excellence africain sur les changements climatiques la biodiversité et l'agriculture durable (CEA-CCBAD), Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB), Côte d'Ivoire

Christophe Kouamé

World Agroforestry Centre (CIFOR-ICRAF), Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p179](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p179)

Submitted: 28 August 2023

Accepted: 28 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Cyriak Amani Y.F., Alban M'bo K.A., Cherif M., Koné D. & Kouamé C.(2023). *Diversité des Champignons Mycorhiziens à Arbuscule Associés aux Cacaoyers (Theobroma cacao L.) en Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 179.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p179>

Résumé

Les champignons mycorhiziens à arbuscule vivent en symbiose avec les racines des plantes aidant celles-ci à absorber les nutriments nécessaires à leur croissance et développement. En Côte d'Ivoire, cette symbiose n'est pas prise en compte dans les stratégies agroforestières à base de cacaoyer. Ce travail vise à étudier les mycorhizes associés aux cacaoyers dans les systèmes agroforestiers. Les spores et les racines de cacaoyer issus de 32 plantations de cacao localisées dans les 4 principales zones agro-écologiques de production du cacao en Côte d'Ivoire ont été analysées. La diversité, la densité des spores, les taux de mycorhization et la richesse spécifique des mycorhizes ont été déterminés. L'examen des spores met en évidence 72 morphotypes appartenant à 10 familles, 17 genres et 49 espèces de mycorhize. *Claroideoglomus etunicatum* est l'espèce dominante du verger cacaoyer. L'abondance des spores varie entre 10,53 à 31,24 spores.g⁻¹ de sol pour une

moyenne de 18,30 spores.g⁻¹ de sol. Le nombre des spores est statistiquement le même à l'échelle des zones agroécologiques. Les fréquences de mycorhization des cacaoyers sont généralement élevées et oscillent entre 89,31 % à l'Ouest du pays et 92,4 % au Sud-ouest. En revanche, les intensités de mycorhization sont inférieures à 25 % dans l'ensemble du verger cacaoyer. Ces résultats indiquent que les systèmes agroforestiers à cacaoyer en Côte d'Ivoire abritent une grande diversité de champignons mycorrhiziens à arbuscule qui pourrait être utilisée dans diverses initiatives biotechnologiques en agriculture durable.

Mots-clés: Mycorhize, *Claroideoglossum etunicatum*, *Theobroma cacao*, Côte d'Ivoire

Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated with Cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Côte d'Ivoire

Yves Frédéric Cyriak Amani

Kacou Antoine Alban M'bo

Mamadou Cherif

Daouda Koné

Centre d'excellence africain sur les changements climatiques la biodiversité et l'agriculture durable (CEA-CCBAD), Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB), Côte d'Ivoire

Christophe Kouamé

World Agroforestry Centre (CIFOR-ICRAF), Côte d'Ivoire

Abstract

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) live in symbiosis with plant roots, helping them to absorb the nutrients they need for growth and development. In Côte d'Ivoire, this symbiosis is not considered in cocoa-based agroforestry strategies. The aim of this work is to study the mycorrhizal fungi associated with cocoa trees in agroforestry systems. To this end, cocoa spores and roots from 32 cocoa plantations located in the 4 main agro-ecological zones for cocoa production in Côte d'Ivoire were analysed. The diversity, spore density, mycorrhization rates, species richness and Shannon-Wiener diversity indices of arbuscular mycorrhizal fungi communities were determined. A study of the specific richness and relative abundance of 3271 spores revealed 72 arbuscular mycorrhizal fungi morphotypes in the rhizosphere of cocoa trees in Côte d'Ivoire. On all the sites, 10 families, 17 genera and 49 species of arbuscular mycorrhizal fungi were recorded. *Claroideoglossum etunicatum* is the dominant species in the cocoa orchard. The

abundance of spores in the Ivorian cocoa orchard varied between 7,89 and 17,84 spores. g-1 of soil, with an average of 13,42 spores.g-1 of soil. The number of spores was statistically the same across the agroecological zones. Cocoa mycorrhization frequencies were generally high, ranging from 89,31% in the west of the orchard to 92,4% in the south-west. In contrast, mycorrhization intensities were below 25% throughout the cocoa orchard. These results indicate that cocoa agroforestry systems in Côte d'Ivoire harbour a wide diversity of AMF that could be used in various biotechnological initiatives in sustainable agriculture.

Keywords: Mycorrhiza, , Claroideoglomus etunicatum, Theobroma cacao, Côte d'Ivoire

Introduction

Les champignons mycorrhiziens à arbuscule (CMA) sont des microbiotes formant des symbioses mutualistes entre une plante et un champignon au niveau des racines. En agriculture, les plantes mycorrhizées ont un avantage important sur les plantes non mycorrhizées (Maherali et Klironomos, 2007). L'utilisation de CMA présente donc un potentiel biotechnologique et doit être prise en compte dans la conception des systèmes de production agricole. En effet, elle permet aux plantes de mieux s'adapter à leur environnement, notamment dans des écosystèmes présentant un déficit hydrique et/ou nutritionnel. Certaines espèces végétales ne peuvent croître normalement sans ce partenaire fongique (Gobat *et al.*, 2003).

En Côte d'Ivoire, le secteur agricole est largement dominé par la production du cacao qui représente le pilier de l'économie. Cependant, la satisfaction de la demande en cacao a entraîné la hausse des rendements par l'intensification des pratiques agricoles (monoculture, cultures sur brûlis, l'utilisation massive d'intrants de synthèse et en particulier de pesticides (Clough *et al.*, 2011 ; Phalan *et al.*, 2011). Cette situation a engendré une dégradation de la biodiversité, le vieillissement des vergers, la perte de fertilité des sols ainsi que divers changements d'ordre climatique telles que la baisse et l'irrégularité des pluies, le raccourcissement des saisons pluvieuses (Djè, 2014) qui sont de véritables contraintes à une production de cacao durable et efficace. Dans ce contexte agricole défavorable, les CMA offre un potentiel pour améliorer les conditions de production du cacao. En effet, ils peuvent constituer des substituts biologiques aux engrais minéraux (Thompson, 1991). Les biofertilisants basés sur les mycorrhizes sont une alternative pour réduire les pertes dans les processus de multiplication de plants. Ils permettent également d'améliorer l'acclimatation, la nutrition et la résistance aux contraintes biotiques et abiotiques (Azcón et Barea, 1997). Étant donné que les CMA colonisent environ 90 % des plantes vasculaires (Coyne, 2000) et

que les systèmes agroforestiers (SAF) cacao en Côte d'Ivoire ont été entretenus par les agriculteurs pendant des décennies, avec de faibles niveaux de perturbation, il est important de connaître la composition et le potentiel mycorhizien de ces écosystèmes. Cela permet de les conserver dans des banques de germoplasme ex situ ou de les utiliser dans de futurs travaux de recherche de restauration des sols. L'utilisation du potentiel mycorhizien peut ainsi contribuer à jeter les bases d'une agriculture saine en Côte d'Ivoire dans ce contexte environnemental en quête de durabilité. L'enjeu de ce travail, est donc d'exploiter la symbiose mycorhizienne des systèmes agroforestiers à base de cacao (SAFc) au profit de la cacaoculture. Dans ce contexte, l'objectif de cette recherche est de déterminer la diversité (espèces, genres et familles) des champignons mycorhiziens à arbuscule et leur abondance dans les vergers cacaoyers de Côte d'Ivoire.

Méthodes

Zone d'étude

Les plantations de cacao de 32 villages de la Côte d'Ivoire ont été échantillonnées. Ces plantations sont issues des 4 principales zones de production de cacao, situées d'Est à l'Ouest suivant le front pionnier de la cacaoculture (Figure 1). La première zone agroécologique (ZAE) est située à l'Est et est composée des départements d'Agnibilekro et d'Abengourou. Elle est caractérisée par un climat de type subéquatorial, chaud et humide, à faciès attiéen (Eldin, 1971). La température moyenne annuelle varie entre 24,6 °C et 28,4 °C. La moyenne des précipitations annuelles est comprise entre 1006 mm et 1068 mm. La seconde ZAE est au Centre-ouest et comprend les départements de Divo et de Lakota. La température dans cette zone varie entre 24,9 °C et 25,3 °C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 1388 mm et 1457 mm. La troisième ZAE du Sud-ouest regroupe les départements de Soubré et de Méagui. Les températures moyennes annuelles oscillent entre 25 °C et 25,4 °C. Les précipitations annuelles moyennes sont comprises entre 1384 mm et 1563 mm. Enfin la quatrième ZAE se situe à l'Ouest et regroupe les départements de Duekoué et de Bangolo. La température moyenne est comprise entre 25,7 °C et 25,8 °C. La précipitation moyenne est de 1302 mm et 1320 mm. Les 3 dernières ZAE bénéficient d'un climat tropical. La superficie moyenne des vergers est de 2 à 5 ha (63,12 %). Les plantations ont été établies entre 1960 et 2018. Dans la ZAE

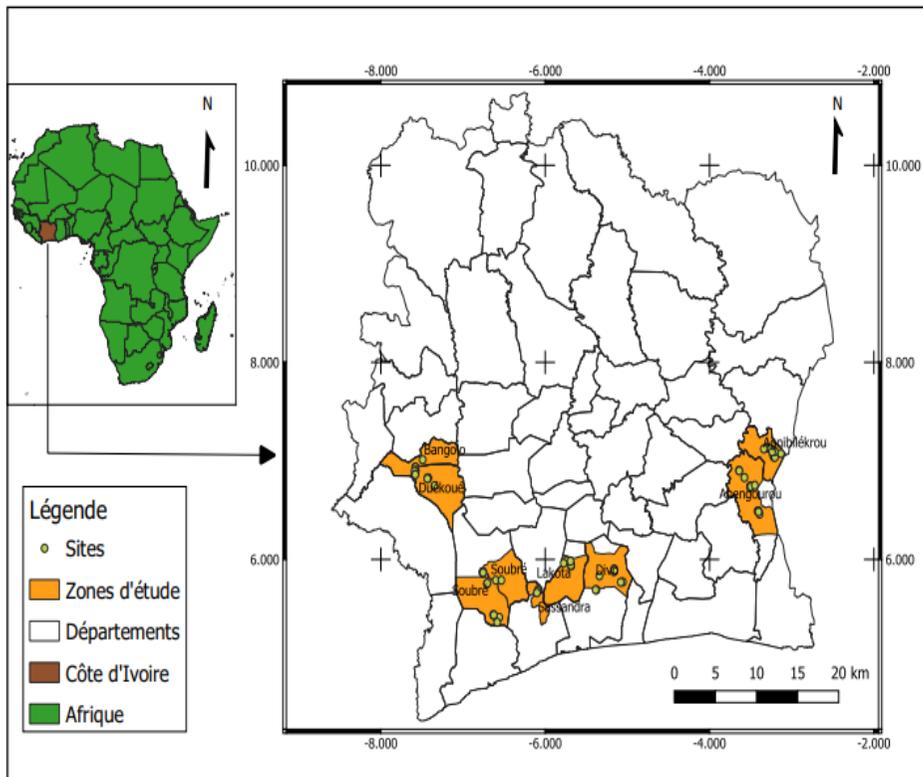


Figure 1. Localisation des sites sélectionnés pour l'étude

Est, Centre ouest, l'âge moyen des vergers est de 22 ans. Ils diffèrent statistiquement des vergers de Soubré qui ont un âge moyen de 31 ans (Amani *et al.*, 2020).

Collecte d'échantillons

Afin d'étudier les communautés de champignons mycorhiziens à arbuscule (CMA), trois échantillons composites du sol (Figure 2) de surface (0-20 cm) ont été prélevés en juillet et février 2020 au pied de cacaoyers choisis au hasard dans chaque plantation de la zone d'étude. Les échantillons de sol ont été conservés dans des sacs en plastique fermés à 4 °C jusqu'au traitement. (Brundrett *et al.*, 1996 ; Jefwa *et al.*, 2006). Dans chaque plantation étudiée, des racines fines inférieures à 3 mm de diamètre ont été également prélevées sur 3 à 5 individus (Bourmine, 2017 ; Dahiratou *et al.*, 2013) .

Analyse physicochimique du sol

Un sous-échantillon de chaque sol de plantation a été séché à l'air, tamisé (2 mm) et le pH a été mesuré dans l'eau (I:5) et dans le chlorure de potassium (KCl) (I:5). La matière organique a été évaluée en utilisant la méthode de Walkey-Black selon Jackson (1976) et l'azote total a été mesuré

par la méthode de Kjeldahl. Le P extractible a été évalué selon Olsen *et al.* (1952) en utilisant du bicarbonate de sodium. Dans cet extrait, le P a été mesuré par la méthode de Murphy et Riley (1962) et le Ca, K et Mg échangeables ont été mesurés par spectrophotométrie d'absorption atomique par spectrophotométrie d'absorption atomique dans le même extrait. Les données présentées sont les valeurs moyennes des trois échantillons de chaque département étudié.

Étude de la communauté de champignons mycorhiziens à arbuscule dans les sols

Les échantillons de sol ont été soigneusement homogénéisés et les spores de CMA isolées à partir de 50 g de sol par la méthode du tamisage humide Gerdemann et Nicolson (1963) et de la décantation suivie d'une centrifugation au saccharose (Sieverding, 1991). Les spores isolées ont été comptées et séparées à l'aide d'une loupe binoculaire (60 x). Par la suite, pour chaque échantillon, 100 spores ont été montées sur des lames en utilisant de l'alcool polyvinyl lactoglycérol (PVLG) et le réactif de Melzer, comme milieu de montage (Brundrett *et al.*, 1996) et observées au grossissement 100X, 400X et 1000X. Les CMA ont été identifiés à partir des clés d'identification disponibles dans la littérature scientifique relative (Schenck et Perez (1990), Morton et Benny (1990) ; Agere (2001) ; Becerra et Cabello (2008) ; INVAM (<http://invam.caf.wvu.edu>), la collection de Blaszkowski (www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski/).

Culture piège et infection mycorhizienne

Pour être certain que des espèces fongiques particulières colonisent les racines de cacao, les racines de cacaoyer prélevées dans chaque plantation ont été découpées en fragment de 2 cm et mélangés aux sols mycorhizés prélevés au champ. Le mélange a été utilisé comme inoculum mycorhizien pour des graines pré-germées de Niébé. Ces graines ont été semées dans des pots contenant 500 g d'inoculum mycorhizien, 250 g de sol de même provenance mais stérilisé (3 fois à

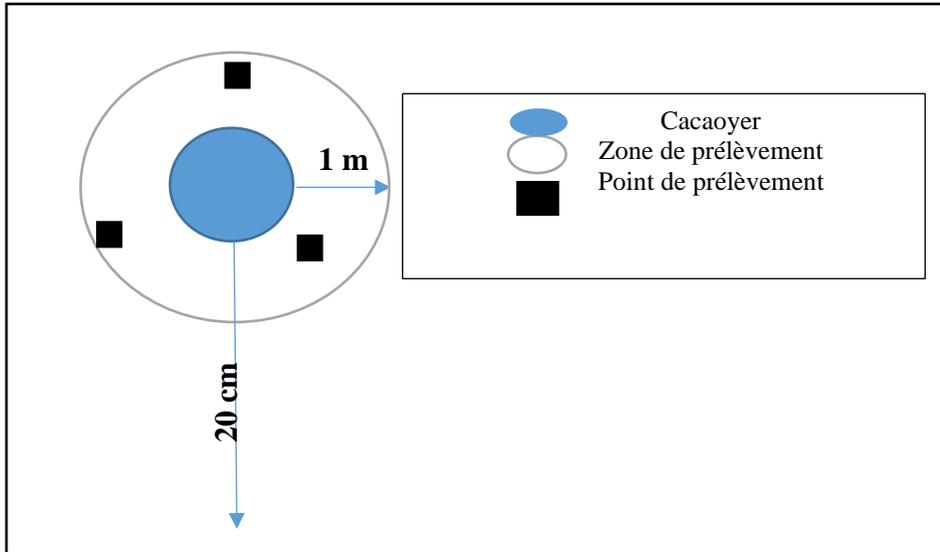


Figure 2. Schéma du dispositif de prélèvement des échantillons de sol et des racines

l'autoclave à 121 °C pendant 1h) et 250 g de sable de plage stérilisé utilisé comme substrat pauvre en éléments nutritifs. Un traitement sans inoculum mycorhizien a également été inclus et utilisé comme témoin. Après 70 jours de culture, le nombre de spore est déterminé et la présence des CMA dans les racines est mise en évidence par la méthode de coloration de Philips et Hayman (1970). Les taux de colonisation racinaire ont été évalués par la méthode de Trouvelot *et al.* (1986) à partir de 100 fragments de racine colorés.

Évaluation de la biodiversité

L'évaluation de la biodiversité a été réalisée à travers le calcul de l'indice de diversité prenant en compte à la fois la richesse, l'indice de diversité de Shannon-Wiener (H) (1948), l'équitabilité de Pielou (E) (Pielou, 1977), L'indice de Simpson (D) la dominance pour chaque site échantillonné ont été calculés selon les équations suivantes : $H' = - \sum (n_i / N) \times \ln (n_i / N)$; $E = H' / \ln S$; $D = 1 - \sum (N_i (N_i - 1)) / (N (N - 1))$.

Dans la formule, H' : désigne l'indice de diversité de Shannon et s'exprime en bit ; n_i : est le nombre d'individus d'une espèce i ; N : nombre total d'individus de toutes les espèces inventoriées ; E : l'équitabilité ; S : nombre total d'espèces recensées dans une localité ; D : l'indice de diversité de Simpson ; N_i : nombre d'individus d'une espèce i .

Analyse statistique

Les données de l'étude de la communauté de champignons mycorhiziens à arbuscule dans les sols, le nombre de spores, le taux de mycorhization, la biodiversité, ainsi que celles relatives aux variables physico-

chimiques des sols prélevés sous les essences cibles ont été soumises à une analyse de variance à un facteur (ANOVA 1). Dans le cas du rejet de l'hypothèse d'égalité des moyennes, leur comparaison a été faite avec l'aide du test de Newman-Keuls au seuil de 5 %.

Résultats

Paramètres physico chimiques du sol

Le pH (KCl, < 5) et le pH (eau, < 6) ne varient pas entre les localités (Tableau 1). La matière organique (MO) est (< 2 %) oscille entre 1,2 et 1,7 en fonction des départements. Le rapport C/N est plus élevé à Soubré (13). Les teneurs en azote (< 0,5), potassium (<0,5), calcium (< 5), magnésium (< 2) et la CEC (> 3%) varient également suivant les départements. Les teneurs en phosphore sont comprises entre 17,5 et 32,9 et sont corrélées à la fréquence et à l'intensité de mycorhization.

Structure taxonomique générale et communauté des CMA associés aux cacaoyers en Côte d'Ivoire

L'étude de la richesse spécifique et des abondances relatives réalisée sur 3271 spores de CMA a permis de mettre en évidence 72 morphotypes de CMA dans la rhizosphère des cacaoyers en Côte d'Ivoire. Sur l'ensemble des sites, 10 familles, 17 genres et 49 espèces de CMA ont été répertoriés (Figure 3 ; Tableau 2). La diversité générique est plus élevée dans la ZAE Est avec 17 genres, 10 familles et 48 espèces, mais ne varie pas selon la ZAE. Les genres *Glomus* et *Acaulospora* sont les plus diversifiés et renferment respectivement 14,08 %, 12,67% des espèces observées. Dans toutes les zones agroécologiques, *Claroideoglomus etunicatum*, observées à 31,35 %, est l'espèce dominante dans la rhizosphère des cacaoyers. Outre cette espèce, 27 autres associées aux cacaoyers .

Tableau 1 : Paramètres physicochimiques du sol des cacaoyers

ZAE	LOCALITES	pH (KCl)	pH (eau)	MO	C/N	N	P	K	Ca	Mg	C.E.C	Argile	Limon %	Sable
EST	ABENGOUROU	4,6 a	5,7 a	1,7 b	10,7 ab	0,17 ab	17,5 a	0,1 b	1,7 ab	1,5 b	2 a	42,4 a	17,9 b	39,7 a
	AGNIBILEKRO	4,4 a	5,3 a	1,2 a	11,3 ab	0,1 a	18,1 a	0,1 b	1,5 ab	0,6 a	1 a	42,6 a	17,0 ab	40,4 a
CENTRE	DIVO	4,6 a	5,6 a	1,2 a	9,3 a	0,11 a	32,9 c	0,1 b	1 a	0,5 a	1 a	36,8 b	14,5a	48,7 c
OUEST	LAKOTA	5 a	5,7 a	1,6 b	9,7 a	0,15 a	31,3 c	0,2 b	3,1 c	1,35 b	3,5 b	38,7 b	16,4 ab	44,8 ab
SUD	SOUBRE	4,5 a	5,4 a	1,2 a	13,0 c	0,1 a	27,9 b	0,2 b	1,1 a	0,5 a	1,5 a	39,4 b	17,0 b	43,6 ab
OUEST	MEAGUI	4,4 a	5 a	1,5 b	10,2 ab	0,08 c	27,3 b	0,4 c	2,3 b	0,1 a	2 a	36,8 b	17,9 b	39,4 a
OUEST	BANGOLO	4,5 a	5,5 a	1,7 b	10,3 ab	0,18 ab	27,3 b	0,3 bc	2,1 b	1,9 b	4 b	36,4 b	16,6 ab	47 c
	DIAQUIN	4,7 a	5,7 a	1,5 b	10,4 ab	0,2 b	28,0 b	0,4 c	3,1 c	1,5 b	3,7 b	42,0 a	17,3 b	40,7 a

Dans les colonnes des tableaux ci-dessus, les valeurs moyennes affectées de lettres identiques ne sont pas différentes au seuil de 5 %. Celles affectées de lettres différentes, sont différentes.

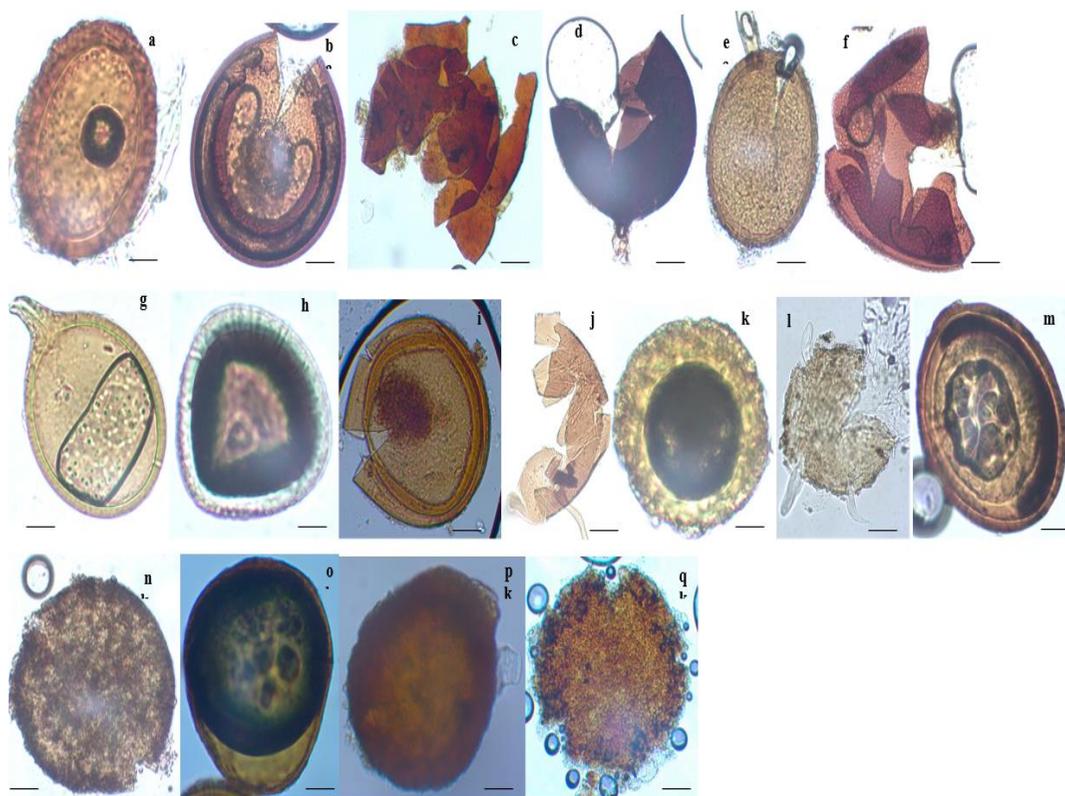


Figure 3. Principales espèces de CMA associées aux cacaoyers en Côte d'Ivoire, (a) *Rhizophagus fasciculatus*, (b) *Glomus fecondisporum*, (c) *Dentiscutata erythropha*, (d) *Glomus constrictum*, (e) *Claroideoglomus etunicatum*, (f) *Acaulospora scrobiculata*, (g) *Septoglomus rubiform*, (h) *Sacculospora baltica*, (i) *Acaulospora tuberculata*, (j) *Gigaspora Type 76 sp*, (k) *Dentiscutata erythropha*, (l) *Glomus viscosum*, (m) *Acaulospora delicata*, (n) *Acaulospora delicata*, (o) type 19, (p) Type 21, (q) type 50 ; la barre = 50 µm.

Tableau 2. Structure taxonomique de l'ensemble des genres de champignons mycorhiziens à arbuscule associés aux cacaoyers en Côte d'Ivoire

ORDRE	FAMILLE	GENRES	ESPÈCES TOTALES
Glomerales	Glomeraceae	<i>Glomus</i>	11
		<i>Funneliformis</i>	2
		<i>Sclerocystis</i>	2
		<i>Rhizophagus</i>	2
		<i>Septoglomus</i>	3
Diversisporales	Diversisporaceae	<i>Corymbiglomus</i>	1
		<i>Tricispora</i>	1
	Claroideoglomeraceae	<i>Claroideoglomus</i>	1
	Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i>	4

		Scutellospora	6
		Dentiscutata	1
	Acaulosporaceae	Acaulospora	9
	Pacisporaceae	Pacispora	1
	Sacculosporaceae	Sacculospora	1
Paraglomerales	Paraglomeraceae	Paraglomus	1
Archaeosporales	Archaeosporaceae	Archaeospora	2
	Ambisporacea	Ambispora	1
TOTAL 4	10	17	49

sont présentes à la fois dans chacune des ZAE. Seize espèces ont été rencontrées à la fois dans toutes les localités. Parmi ces espèces, 4 sont les plus fréquentes. Il s'agit de *Acaulospora scrobiculata* (3,22 %), *Rizophagus fasciculatus* (3,25 %), *Tricispora nevadensis* (3,10 %) et Inconnu sp. 2 (3,88 %) (Tableau 3). *Claroideogломus etunicatum* (29,85 %) est la seule espèce dominante dans le verger. Suivant les ZAE, 10 espèces sont endémiques à Abengourou et 13 à Agnibilekro. Les espèces *Claroideogломus etunicatum* et *Acaulospora delicata* ont été observées sur tous les sites avec une fréquence de 21,92 %. Sept autres espèces sont classées parmi les plus fréquentes. Il s'agit de *Rhizophagus fasciculatus* (7,63 %), *Sclerocystis rubiformis* (5,19 %), *Acaulospora delicata* (4,30 %), *Tricispora nevadensis* (4,18 %), Inconnu sp. 2 (4,07 %), Inconnu sp. 50 (3,81 %) et *Archeospora undulata* (3,42 %). Dans la ZAE du Centre-ouest, douze espèces sont endémiques à Lakota et 12 à Divo. Trois autres espèces sont classées parmi les plus fréquentes. Ce sont *Acaulospora scrobiculata* (5,01 %), et Inconnu sp. 2 (3,87 %) et Inconnu sp. 50 (3,49 %). Dans la ZAE du Sud-ouest 15 espèces sont endémiques à Soubré et 5 espèces à Méagui. Deux autres espèces sont classées parmi les plus fréquentes. Ce sont *Acaulospora tuberculata* (6,5 %) et Inconnu sp. 21 (3,79 %). dans la zone agro écologique de l'Ouest 10 espèces sont endémiques à Duekoué et 9 espèces à Bangolo. Quatre autres espèces sont classées parmi les plus fréquentes. Ce sont Inconnu sp. 2 (6,95 %), *Acaulospora bireticulata* (6,27 %), *Tricispora nevadensis* (5,38 %) et *Acaulospora scrobiculata* (3,10 %).

Abondance des spores dans le verger cacaoyer

L'abondance des spores dans le verger cacaoyer ivoirien a varié entre 10,53 à 31,24 spores.g⁻¹ de sol (Figure 4) pour une moyenne de 18,30 spores.g⁻¹ de sol. Le nombre des spores est statistiquement le même à l'échelle des ZAE (p=0,84). Par contre, à l'échelle des départements, des différences statistiques sont observées (p=0,05), notamment entre les départements de Diaouin (10,53 spores.g⁻¹ de sol) et celui de Bangolo (21,96 spores.g⁻¹ de sol) et Soubré (22,18 spores.g⁻¹ de sol). Le département de Soubré enregistre les proportions de spores viables les plus élevées (27,89 %), et celui de Lakota les plus faibles (7,36 %).

Taux de mycorhization racinaire des cacaoyers

L'observation microscopique de 2 300 fragments racinaires a permis de mettre en évidence la présence de champignons mycorhiziens à arbuscule dans le verger cacaoyer ivoirien. Cette mycorhization s'est matérialisée par la présence de vésicule, d'hyphe et de spores. L'analyse générale des taux de mycorhization caractérisé par les paramètres de fréquence et d'intensité de mycorhization ne présente aucune différence entre les ZAE ($p>0,05$). Les fréquences de mycorhization des cacaoyers sont généralement élevées et oscillent entre 89,31 % à l'Ouest du verger et 92,4 % au Sud-ouest. Par contre, les intensités de mycorhization sont inférieures à 25 % dans l'ensemble du verger cacaoyer (Tableau 4). La ZAE de l'Ouest enregistre la plus faible intensité de mycorhization ($M\%=16,29$; $m\%=17,07$) tandis que les plus élevés sont rencontrés dans la ZAE du Centre-ouest ($M\%=23,92$; $m\%=24,74$). La comparaison des taux de mycorhization à l'intérieur d'une même ZAE a mis en évidence des différences significatives ($p=0,01$) entre les variables d'intensité de mycorhization des départements de Soubré et de Méagui issus de la ZAE du Sud-ouest.

Tableau 3. Principales espèces de champignons mycorhiziens à arbuscule et leurs abondances relatives dans le verger cacaoyer de la Côte d'Ivoire

Étiquettes de lignes	EST		CENTRE-OUEST		SUD-OUEST		OUEST		MOYENNE
	ABENGOUROU	AGNIBILEKRO	LAKOTA	DIVO	MEAGUI	SOUBRE	DUEKOUÉ	BANGOLO	
<i>Acaulospora bireticulata</i>	0,66	-	2,69	1,65	1,70	0,39	5,06	1,03	1,18
<i>Acaulospora delicata</i>	4,29	2,37	0,38	2,48	2,84	0,59	0,25	0,51	2,16
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	0,99	2,96	4,62	4,96	2,84	3,52	3,80	2,05	3,31
<i>Acaulospora tuberculata</i>	1,32	3,25	1,15	1,65	2,84	7,03	2,03	0,51	2,88
<i>Acaulospora TYPE 12</i>	-	0,59	0,38	1,65	1,70	0,78	1,27	1,03	0,85
<i>Ambispora fecundispora</i>	1,98	0,89	2,31	0,83	-	1,95	0,76	1,54	1,33
<i>Archaeospora myriocarpa</i>	1,65	3,85	0,38	3,31	0,57	2,34	0,76	1,54	2,02
<i>Claroideoglossum etunicatum</i>	25,08	20,41	35,38	22,31	27,84	39,26	36,71	31,79	28,38
<i>Corymbiglossum tortuosum</i>	1,32	1,48	2,31	-	7,39	2,34	2,03	4,62	2,47
<i>Dentiscutata erythropha</i>	2,31	2,66	2,31	1,65	2,27	1,56	2,03	4,10	2,13
<i>Funneliformis geosporum</i>	2,31	2,07	3,08	0,83	3,98	2,15	0,51	-	2,40
<i>Gigaspora type 76</i>	1,32	1,78	0,77	1,65	0,57	1,17	1,01	1,54	1,21
<i>Glomus hoi</i>	1,65	1,18	3,85	1,65	1,14	1,76	1,52	2,05	1,87
<i>Glomus sterilum</i>	1,98	2,37	2,31	0,83	-	1,37	0,51	2,05	1,47
<i>Glomus TYPE 21</i>	0,99	2,37	2,69	3,31	5,68	3,52	2,53	0,51	3,09
<i>Glomus TYPE 90</i>	0,66	0,59	0,38	-	0,57	0,20	-	1,03	0,40
<i>Rhizophagus intraradice</i>	0,99	0,59	1,54	0,83	1,70	1,17	0,76	1,03	1,14

<i>Rhizophagus fasciculatus</i>	8,58	2,96	1,54	2,48	2,27	2,54	3,04	2,56	3,39
<i>Sacculospora baltica</i>	2,31	1,48	1,92	2,48	3,98	1,17	0,51	0,51	2,22
<i>Sclerocystis rubiformis</i>	3,30	2,07	2,31	1,65	0,57	0,59	1,27	5,13	1,75
<i>Septoglomus viscosum</i>	0,33	2,37	1,15	4,13	-	0,78	0,25	1,54	1,46
<i>Tricispora nevadensis</i>	5,28	2,96	0,77	-	2,27	0,98	4,81	7,69	2,04
TYPE 19	2,64	0,89	1,54	1,65	1,70	1,76	0,76	3,59	1,70
TYPE 2	4,95	4,44	3,85	3,31	1,14	1,95	8,35	3,08	3,27
TYPE 38	0,66	1,18	0,38	-	2,27	0,20	0,51	1,03	0,78
TYPE 50	3,63	2,96	3,85	4,13	0,57	1,37	0,51	1,03	2,75

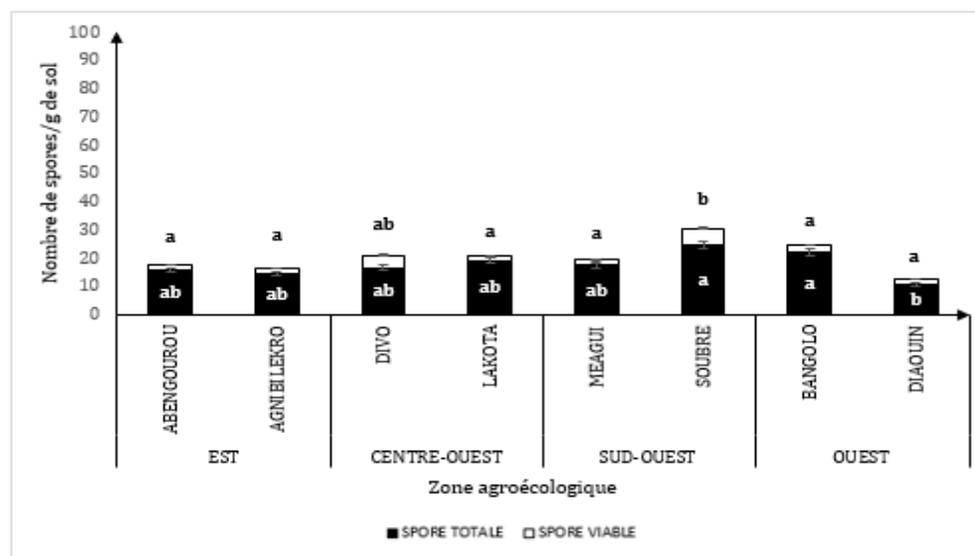


Figure 4. Densité et nombre de spores viables de mycorhize en fonction des ZAE

Les moyennes suivies d'une même lettre sont identiques au seuil de 5 %. Celles affectées de lettres différentes, sont différentes.

Tableau 4. Taux de mycorhization des cacaoyers en fonction des zones agroécologiques

Zones agroécologiques												
paramètres d'évaluation du taux de mycorhization	Est			centre ouest			sud ouest			Ouest	total	p
	M%	22,55 (a)			23,92 (a)			23,28 (a)			16,29 (a)	21,51
m%	23,93 (a)			24,74 (a)			24,50 (b)			17,07 (a)	22,56	0,12
F%	90,53 (a)			91,66 (a)			92,40 (a)			89,31 (a)	90,97	0,87
Total	45,67			46,77			46,73			40,89	45,02	
LOCALITE	ABENGOUROU	AGNIBILEKRO	DIVO	LAKOTA	SOUBRE	MEAGUI	BANGOLO	DUEKOUE	TOTAL	p		
M%	23,90 (abc)	22,05 (abc)	21,63 (abc)	26,20 (bc)	19,70 (ab)	32,22 (c)	14,60 (a)	18,74 (ab)	22,38	0,12		
m%	25,56 (abc)	23,33 (abc)	22,35 (abc)	27,13 (bc)	21,12 (ab)	32,97 (c)	15,45 (a)	19,43 (ab)	23,42	0,1		
F%	94,00 (a)	89,26 (a)	88,74 (a)	94,58 (a)	90,60(a)	96,89 (a)	87,42 (a)	92,05 (a)	91,69	0,8		

Dans les colonnes des tableaux ci-dessus, les valeurs moyennes affectées de lettres identiques ne sont pas différentes au seuil de 5%. Celles affectées de lettres différentes, sont différentes.

Diversité de champignons mycorhiziens à arbuscule

Les localités de Soubré et d'Agnibilekro ont repertorié le plus d'espèces de CMA, soit respectivement 50 et 52 espèces. Par contre, les localités de Divo, de Lakota, de Meagui et de Bangolo ont constitué un groupe homogène avec le moins d'espèces, soit respectivement 39, 40, 40 et 43 espèces (Figure 5). L'indice de Shannon est plus faible à Duekoué (2,78 bits) et le plus élevé à Agnibilekro (3,4 bits). L'indice de Pielou a oscillé entre 0,71 bits et 0,88 bits. Les valeurs les plus élevés sont rencontrées à Agnibilekro et à Divo (respectivement 0,86 et 0,88). Les indices les plus petites proviennent de Duekoué et de Soubré (respectivement 0,71 et 0,72). L'indice de Simpson se situe entre à 0,88 à Soubré et 0,94 à Agnibilekro.

Similarité des espèces de mycorhizes du cacaoyer dans les zones agroécologiques

La classification ascendante hiérarchique réalisée à partir d'un tableau de donnée composé des localités d'une part et des nombres de spores (viable et totale), des indices de biodiversité, des fréquences et intensités de mycorhization permet de former 3 grands groupes suivant la répartition des informations de mycorhization (Figure 6). Le premier est composé des départements de Bangolo, au sein duquel les CMA recensés ont produit le plus de spores (17,84 spore /g de sol). Le second groupe est subdivisé en 3 sous-classes. La première sous-classe caractérisé une corrélation entre les espèces de CMA et la production de spores viables ainsi que des indices de biodiversité élevés. Elle comprend les départements de Soubré regroupant les CMA produisant le plus de spores viables (5,53 spore/g de sol), et les départements de Agnibilékro et de Divo qui ont les indices de biodiversité les plus important). La deuxième sous-classe est composée des départements de Lakota et de Abengourou regroupant les CMA induisant de fortes fréquences et intensités de mycorhization. La troisième sous-classe est composée du département de Duekoué dont les espèces de CMA ont un effet intermédiaire entre les deux précédentes sous-classes. Le troisième groupe est représenté par le département de Méagui au sein duquel, les CMA ont produit les plus importantes fréquences (96,89 %) et intensités de mycorhization (M=32,22 %; m=32,97 %) chez les cacaoyers.

Discussion

L'étude a permis de mettre en évidence la présence de CMA dans le verger cacaoyer ivoirien. Elle a permis de distinguer des hyphes, des vésicules et des spores, les arbuscules ayant été observés plus rarement. Ces structures ont été observées dans diverses études dans le monde (Anguiby *et al.*, 2019 ; Bi Voko, 2013) et choisies pour confirmer la mycorhization chez plusieurs espèces végétales dont le cacaoyer (Cuanca et Menesses, 1996). Cela suggère que le cacaoyer est capable d'induire une mycorhization. Le morphotype des spores directement isolées des champs a permis de mettre en évidence une importante diversité morphologique de champignons mycorhiziens à arbuscule dans la rhizosphère du cacaoyer. Cette technique a été utilisée par divers auteurs (Sousa *et al.* 2018; Marinho *et al.* 2019; Solís-Rodríguez *et al.* 2020) pour l'identification effective CMA. Au total, 49 espèces de CMA appartenant à 10 familles et 17 genres ont été observées. Les genres *Glomus* (14,08 %) et *Acaulospora* (12,67 %) sont les plus représentés. L'espèce dominante du verger est *Claroideoglomus etunicatum*. Dix-sept autres espèces sont rencontrées de manière fréquente dans le verger et témoigne de leur adaptation au cacaoyer. Cette importante diversité est comparable à celle observée par Bi voko *et al.* (2013) dans la rhizosphère du manioc. En effet, cet auteur a mis en évidence la présence de 44 espèces de CMA. Par contre, cette richesse spécifique est supérieure à celle observée dans les systèmes agroforestiers à cacaoyer (SAFc) en Colombie (23 espèces), au Venezuela (15 espèces) et au Brésil (8 espèces) par Sandoval *et al.*, 2020 ; Cuanca et Meneses (1996) ; Arujo *et al.*, 2007. Le

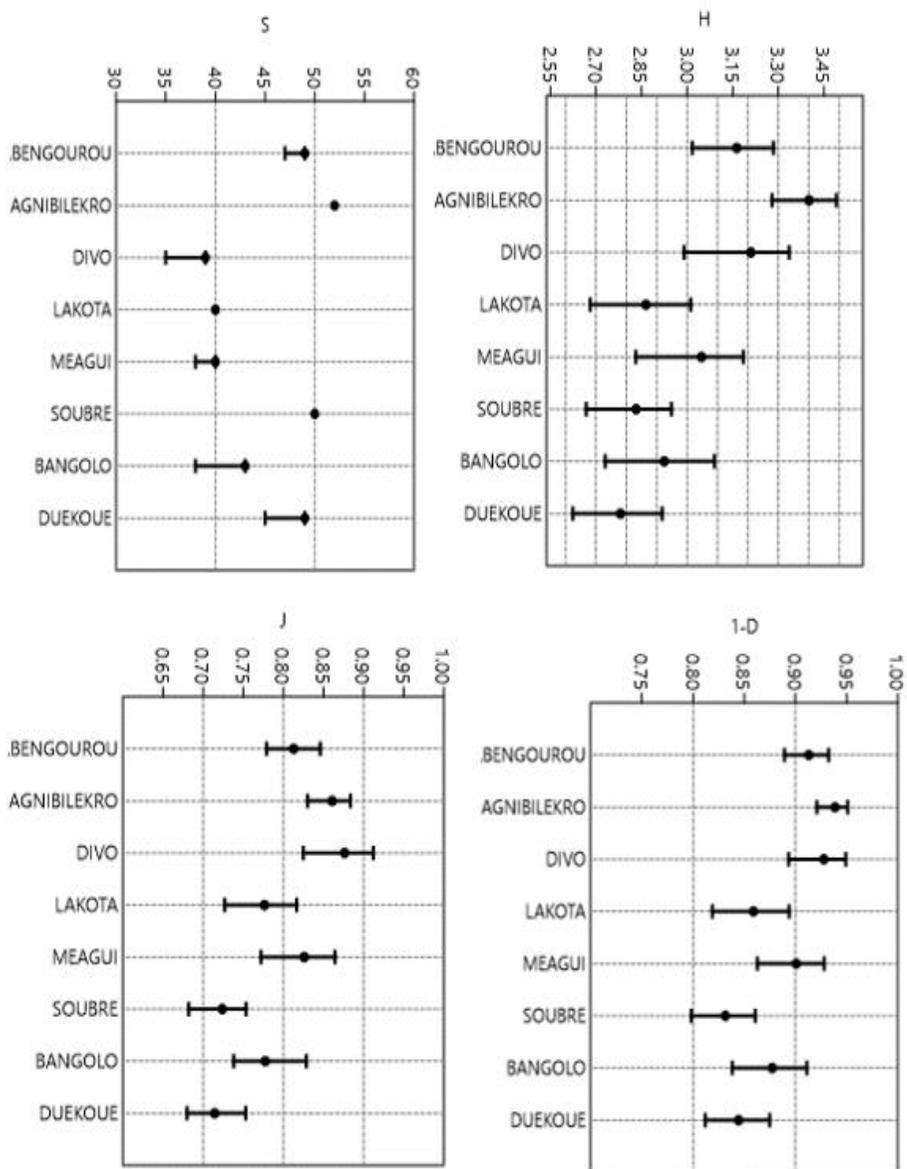


Figure 5 . Indice de diversité des espèces de CMA en fonction des localités ABENGOUROU et non BENGOUROU

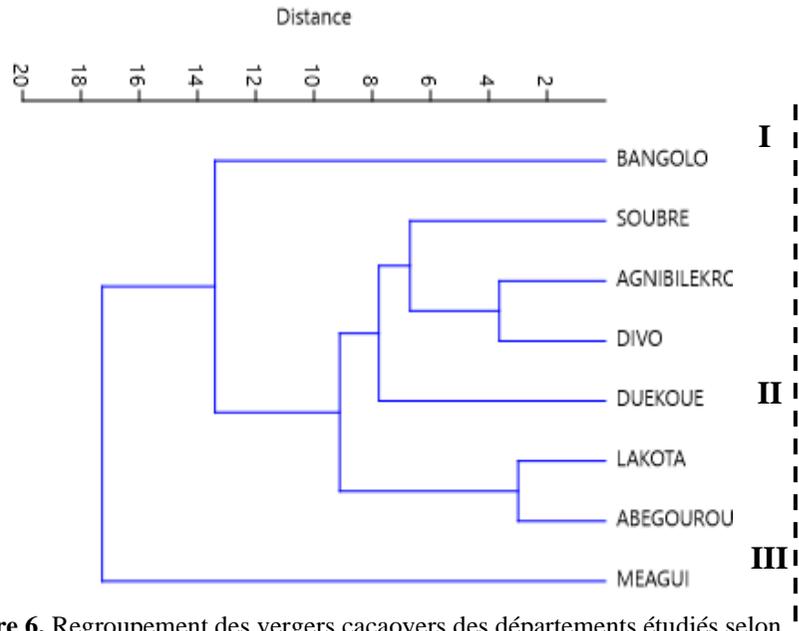


Figure 6. Regroupement des vergers cacaoyers des départements étudiés selon

Faible endémisme de CMA rencontré suggère que la biogéographie des CMA est largement déterminée d’une part par le microclimat similaire créer au sein des cacaoyères et d’autre part, par l’interaction avec la plante hôte en l’occurrence le cacaoyer. Cela est corroboré par Davison *et al.* (2016) et Vályi *et al.* (2016), qui montrent que dans des conditions environnementales similaires et par des interactions avec le même pool d’espèce, les communautés locales convergent vers une composition commune. Cependant l’apparition de certaines espèces endémiques aux localités ou aux ZAE met en évidence une probable influence des différences climatiques entre les ZAE et probablement des caractéristiques du sol (Lauber *et al.*, 2008 ; Thomson *et al.*, 2015). En outre, le genre *Glomus* est le plus diversifié dans le verger cacaoyer de Côte d’Ivoire. Cette observation est corroborée par Zako *et al* 2012 dans le verger cacaoyer de la zone de Yamoussoukro. La prédominance de ce genre, a également été montré dans de nombreux sols en Afrique de l’Ouest et ailleurs dans le monde (Ajaz *et al.*, 2017 ; Meddich *et al.*, 2017). Selon Pande et Tarafdar (2004), le genre *Glomus* est numériquement plus important dans les zones tropicales. La prédominance des espèces du genre *Glomus* dans la plupart des écosystèmes suggère une meilleure adaptation de ce genre aux conditions les plus hostiles telles que la sécheresse, la salinité et autres stress environnementaux, ou à une large gamme de niches écologiques (Houngnandan *et al.*, 2009). Il est suggéré également que les espèces du genre *Glomus* et *Acaulospora* se propagent préférentiellement par les spores qui sont des formes de résistance des CMA aux conditions difficiles tandis que les autres genres comme, *Scutellospora*, *Gigaspora*, et *Pacispora* se propagent davantage avec d’autres types de propagules tels que les hyphes et les

fragments mycéliens extra-racinaires (Brito *et al.*, 2012). Suivant la répartition des CMA au sein de région, 3 grandes zones d'influences ont pu être distinguées. La première zone d'influence est composé du département de Bangolo, au sein duquel les CMA recensés ont produit le plus de spore. La seconde zone d'influence comprend les départements de Soubré, d'Agnibilékro et de Divo dans lesquelles le nombre de spores viables est plus élevé ainsi que la diversité des espèces. Et enfin la troisième zone d'influence est composée des départements de Méagui qui favorise dans laquelle les CMA présentent une forte capacité d'infection racinaire. La ZAE n'a pas influencé la production de spore. L'abondance des spores, en général ainsi que celles des spores viables (comprise entre 1,4 et 5,5 spores/g de sol), a variée dans la ZAE de l'Ouest. Ce nombre de spore se rapproche de celui de Droh *et al.*, 2022 (0,65 à 3,98 spore/g dans la rhizosphère du maïs), de celui de Touré *et al.*, 2021 obtenu dans un écotone forêt savane (entre 2 et 4,5 spores) et celui de Anguiby *et al.*, 2019 obtenu dans la rhizosphère de Makoré et Fromager (3,58 à 5,35 spore/g de sol). Cependant, ce nombre de spore est relativement faible par rapport à celui obtenu dans des SAFc au Cameroun par Snoeck *et al.*, 2019 (16 à 36 spores/g de sol), ou par Prieto *et al.*, 2012 en Equateur (15-25 spore / g de sol). Selon McGee, (1989) celui-ci n'est pas important pour permettre une colonisation effective des racines. À cet effet, une fréquence de mycorhizaion supérieure à 80 % a été observée chez les cacaoyers. Cela peut s'expliquer par le fait que les propagules mycorrhizienne qui initient la colonisation racinaire peuvent être des spores, des fragments racinaires infectés ou des hyphes. Ces deux derniers types de propagules constituent même souvent les principaux moyens de colonisation racinaire quoique les spores puissent être abondantes (Birch, 1986). Ceci est en adéquation avec les résultats obtenus dans cette étude. En effet, le potentiel infectieux mycorhizogène d'un sol ne dépend pas uniquement de la densité de spores, mais également de leur qualité et leur capacité d'adaptation (Meddich *et al.*, 2017).

Conclusion

Cette étude vise à évaluer la diversité de champignons mycorrhiziens à arbuscule et leur abondance dans le verger cacaoyer de Côte d'Ivoire. Elle a révélé la présence d'une large diversité de CMA dans ??? verger cacaoyer ivoirien. Elle révèle que les systèmes agroforestiers cacaoyers favorisent le maintien de ces communautés. Par ailleurs, la fréquence de mycorhization était relativement élevée avec la formation de vésicules et d'arbuscules à l'intérieur des racines. Elle émet l'hypothèse que cette symbiose est capable d'initier et de favoriser un meilleur développement des cacaoyers malgré les conditions climatiques défavorables. Sur la base de ces résultats, les spores des CMA peuvent être isolées et multipliées pour constituer un inoculum

indigène utilisé pour la production de cacaoyer durable. Cependant, l'identification morphologique des espèces pouvant occasionner des biais, l'usage de la biologie moléculaire, en particulier l'amplification et le séquençage, et les analyses phylogénétiques utilisant l'ARNr18S peuvent être envisagées.

Conflit d'intérêts : Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun conflit d'intérêt.

Disponibilité des données : Les données météorologiques ont été collectées entre 1991 et 2021 pour les variables de température, précipitation, humidité, jours de pluie. Elles proviennent du Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT). Toutes les autres données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Cette étude a été financée par CIFOR-ICRAF et Centre d'Excellence Africain sur les Changement Climatique, la Biodiversité et le Développement Durable (CEA-CCBAD).

References:

1. Ajaz, T., Nain, M. Z., Kamaiah, B. and Sharma, N. K. (2017), "Stock prices, exchange rate and interest rate: evidence beyond symmetry", *Journal of Financial Economic Policy*, Vol. 9 No. 1, pp. 2-19. <https://doi.org/10.1108/JFEP-01-2016-0007>.
2. Anguiby, B. L. A., Ouattara G., Bomisso, E. L., N'goran, B., Ouattara, B., Coulibaly, S. A., Aké S. (2019). Evaluation du statut mycorhizien d'arbres de *Ceiba pentandra* (L), Gaertn et *Tieghemella heckelii* (A.Chev), Pierre, du jardin Botanique de Bingerville en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 138 : 14092-14105
3. Azcon-Aguilar, C. & Barea, J. M. (1996). Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens – An overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza* 6: 457-464.
4. Brundrett, M. C., Ashwath, N., & Jasper, D. A. (1996). Mycorrhizas in the Kakadu region of tropical Australia. 1. Propagules of mycorrhizal fungi and soil properties in natural habitats. *Plant and Soil* 184: 159– 171.
5. Clough, Y., Barkmann, J., Jührbandt, J., Kessler, M., Wanger, T. C., Anshary, A., Buchori, D., Cicuzza, D., Darras, K., Putra, D. D., Erasmi, S., Pitopang, R., Schmidt, C., Schulze, C. H., Seidel, D., Steffan-Dewenter, I., Stenchly, K., Vidal, S., Weist, M. & Tschardtke, T. (2011). Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(20), 8311-8316. <https://doi.org/10.1073/pnas.1016799108>

6. Cuenca, G., Meneses, E. (1996). Diversity patterns of arbuscular mycorrhizal fungi associated with cacao in Venezuela. *Plant Soil* 183, 315–322 (1996).
7. Snoeck, D. J. B., Laurent, N. Durini, M. (2018) Dromard FertExpert-Coffee: an innovative solution to calculate the fertiliser formula most suited to the actual conditions of each plantation ASIC conference (Association for Science and Information on Coffee). 27, 2018-09-16/2018-09-20, Portland (USA) (2018)
8. Davison, A., McDowell, GS, Holden J. M., Johnson HF, Koutsovoulos, G. D., Liu M. M, Hulpiau, P, Van Roy, F., Wade, C. M., Banerjee, R., Yang, F., Chiba, S., Davey, J. W., Jackson, D. J., Levin, M., Blaxter, M. L. (2016). Formin Is Associated with Left-Right Asymmetry in the Pond Snail and the Frog. *Curr Biol*. 2016 Mar 7; 26(5):654-60. doi: 10.1016/j.cub.2015.12.071. Epub 2016 Feb 25. PMID: 26923788; PMCID: PMC4791482.
9. Dje, K. B. (2014). Document de stratégie du programme national Changement climatique (2015 – 2020). Ministère de l’environnement, de la Salubrité urbaine et du développement durable, Abidjan, Côte d’Ivoire. 70 p. 16.
10. Droh, G., Djezou, K. M., Kouassi, K. B. A., Kouassi, A. B., Tiecoura, K. (2022). Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Spores in Maize (*Zea mays* L.) Plantations in Côte d’Ivoire. *American Journal of Agriculture and Forestry*. Vol. 10, No. 5, 2022, pp. 170-180. doi: 10.11648/j.ajaf.20221005.14
11. Gerdemann, T. & Nicolson, H. (1963). Spores of endogone species from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Myc. Soc.* 46: 235 - 244.
12. Houngnandan, P., Yemadje, R. G. H., Kane, A., Boeckx, P., Van Cleemput, O. (2009). Les glomales indigènes de la forêt claire à *Isoberlinia doka* (Craib et Stapf) à Wari-Marou au centre du Bénin, p. 83-87. vol. 27 no 2.
13. INVAM, (2021). International culture collection of VA Mycorrhizal fungi. Consulted on July 15, 2021. <http://www.invam.caf.wvu.edu>.
14. Lauber, C. L., Strickland, M. S., Bradford, M. A., Fierer, N. (2008). The influence of soil properties on the structure of bacterial and fungal communities across land-use types. *Soil Biol. Biochem.* 40, 2407–2415.
15. Maherali, H., Klironomos, J. N. (2007) Influence of Phylogeny on Fungal Community Assembly and Ecosystem Functioning. *Science* 316:1746–1748. doi: 10.1126/science.1143082
16. Marinho, F., Carvalho, C. M., Apolinário, F. R. & Paulucci, L. (2019).
European Physical Society

- European Journal of Physics, Volume 40, Number 3. DOI 10.1088/1361-6404/ab11f1
17. Meddich, A., Ait El Mokhtar, M., Wahbi, S. & Boumezzough, A. (2017). Évaluation des potentialités mycorrhizogènes en lien avec les paramètres physico-chimiques des sols de palmeraies du Maroc (Marrakech et Tafilalet). *Cah. Agric.* 26: 45012.
 18. Morton, J. B. & Benny, J. (1990). Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glominae and Gigasporinae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an amediation of Glomaceae. *Mycotaxon*, 37 : 471-491.
 19. Murphy, J. & Riley J. P. (1962) - A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chemistry Acta*, 27, pp. 31-36 Gobat et al 2003
 20. Olsen, S. R. (1952). Measurement of surface phosphore on hydroxylapatite and phosphate rock with radiophosphorus. *Journal of Physical Chemistry*, 56: 630-632.
 21. Phalan, B., Balmford, A., Green, R. E., Scharlemann, J. P. W. (2011). Minimising harm to biodiversity of producing more food globally. *Food Policy*, 36: 62-71.
 22. Phillips, J. M. & Hayman, D. A. (1970) Improved Procedures for Clearing Roots and Staining Parasitic and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Rapid Assessment of Infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55, 158-161. [http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
 23. Pielou, E.C. (1977) *Mathematical Ecology*. Wiley, New York.
 24. Rincón, C., · Droh, G., Villard, L., Masclaux, F. G., N'guetta, A., Zeze, A. & Sanders, I. R. (2021) - Hierarchical spatial sampling reveals factors influencing arbuscular mycorrhizal fungus diversity in Côte d'Ivoire cocoa plantations. *Mycorrhiza* (2021) 31:289–300. <https://doi.org/10.1007/s00572-020-01019-w>.
 25. Sandoval-Pineda, J. F., Pérez-Moncada, U. A., Rodriguez, A. & Torres Rojas, E. (2020). Alta presencia de cadmio resulta en baja diversidad de hongos formadores de micorrizas arbusculares asociados a cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Biol Colomb.* 2020; 25(3):333-344. Doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v25n3.78746>
 26. Schenck, N. C. & Pérez, Y, 1987. *Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi* (First Edition Synergetic Publicotions). Gainesville, Florida, U.S.A, University of Florida, 245 p.
 27. Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. The university of illinois press. Urbana

28. Sieverding, E. (1991). Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Eschborn: GTZ.
29. Solís Rodríguez, F. T., Guaderrama Angeles, K. Y., Cerda, G. L. C., & Portillo Reyes, M. (2020). Motivaciones de las generaciones millennial y centennial para la creación de nuevas empresas. *Administración Y Organizaciones*, 23(45), 84–99. <https://doi.org/10.24275/uam/xoc/dcsh/rayo/2020v23n45/Solis>
30. Sousa, N. M. F., Veresoglou, S. D., Oehl, F., Rillig, M. C. & Maia, L. C. (2018) Predictors of arbuscular mycorrhizal fungal communities in the Brazilian tropical dry forest. *Microb Ecol* 75:447–458.
31. Thomson, B. C., Tisserant, E., Plassart, P., Uroz, S., Griffiths, R. I., Hannula, S. E., Buée, M., Mougel, C., Ranjard, L., Van Veen, J. A., Martin, F., Bailey, M. J. & Lemanceau, P., (2015). Soil conditions and land use intensification effects on soil microbial communities across a range of European field sites. *Soil Biol. Biochem.* 88, 403–413. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.06.012>
32. Touré, G.-P. T., Nandjui, J., Koné, A. W., Kouadjo, A. G. Z., Ebou, A., Tiho S. & Zézé A. (2021) - Diversité des champignons mycorrhiziens à arbuscules et interactions avec le système sol-litière dans un écotone forêt-savane, Côte d'Ivoire - Etude et Gestion des Sols, 28, 93-104
33. Trouvelot, A., Kough, J. L. & Gianinazzi-Pearson, V. (1986) Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de methodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: Gianinazzi-Pearson V. and Gianinazzi, S., Eds, *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae*, INRA, Paris, 217-221.
34. Vályi, K., Mardhiah, U. & Rillig, M. (2016) Community assembly and coexistence in communities of arbuscular mycorrhizal fungi. *ISME J* 10, 2341–2351 (2016). <https://doi.org/10.1038/ismej.2016.46>
35. Voko Bi, D., Ahonzo-Niamke, S. & Zeze, A. (2013). Impact des propriétés physicochimiques des sols de culture du manioc sur l'abondance et la diversité des communautés de champignons Mycorrhiziens à arbuscules dans la zone agroécologique d'Azaguié, sud-est de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine* 25 (3), 251-264
36. Zako Bi, I. M. S, Tié, B. T., Zirihi, G. N., Kouadjo, Z. C. G., Fossou, K. R. & Adolphe, Z. (2012). Arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Theobroma cacao* L. in the region of Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). *African Journal of Agricultural Research* Vol. 7(6), pp. 993-1001, 12 February, 2012 Available online at <http://www.academicjournals.org/AJAR> DOI: 10.5897/AJAR11.2057 ISSN 1991-637X.

37. Austin, JH (1998). Zen et le cerveau : vers une compréhension de la méditation et de la conscience. Cambridge, Massachusetts : MIT Press.
38. Clancy, T., Stiner, C., & Koltz, T. (2002). Shadow Warriors : Au sein des forces spéciales. New York, NY : Putnam
39. Calarco, M., & Atterton, P. (2009). Philosophie Animale : Lectures essentielles de la pensée continentale. New York, NY : Continuum.
40. Chen, JQ (2003). Intelligence : intelligences multiples. Dans J. Guthrie (Ed.), Encyclopedia of education (pp. 1198-1201). New York, NY : Macmillan.
41. Goertz, G., & Mahoney, J. (2012). Une histoire de deux cultures. Presse universitaire de Princeton.
42. IJCME (nd). Rôles et responsabilités des auteurs, contributeurs, réviseurs, éditeurs, éditeurs et propriétaires. Extrait de <http://www.icmje.org/recommendations/browse/roles-and-responsabilités/>
43. Jatin, S., Shah Anand, D., & Ricardo, P. (2009). L'écriture scientifique des chercheurs débutants : quelles difficultés et encouragements rencontrent-ils ? Médecine académique : Journal de l'Association des facultés de médecine américaines, 84(4), 511.
44. Leavis, FR (2013). Les deux cultures ? La presse de l'Université de Cambridge.
45. Neige, CP (1959). Deux cultures. Sciences, 130(3373), 419-419.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Caractérisation des Parcs Agroforestiers à *Anarcadium occidentale* L. et Services Ecosystémiques dans la Forêt Classée de Dindéresso à l'Ouest du Burkina Faso

Moïse Yoni

Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement Rural,
Université de Dédougou (UDDG), Dédougou, Burkina Faso
Laboratoire des Systèmes Naturels, des Agro-systèmes et de l'Ingénierie de
l'Environnement (Sy.N.A.I.E), Institut du Développement Rural (IDR),
Université NAZI Boni, Bobo-Dioulasso, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Issaka Senou

Laboratoire des Systèmes Naturels, des Agro-systèmes et de l'Ingénierie de
l'Environnement (Sy.N.A.I.E), Institut du Développement Rural (IDR),
Université NAZI Boni, Bobo-Dioulasso. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso
Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement Rural,
Université de Dédougou (UDDG), Dédougou, Burkina Faso

Elie Yempabou Yonli

Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement Rural,
Université de Dédougou (UDDG), Dédougou, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p203](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p203)

Submitted: 28 August 2023
Accepted: 28 September 2023
Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:

Yoni M., Senou I. & Yonli E.Y. (2023). *Caractérisation des Parcs Agroforestiers à Anarcadium occidentale L. et Services Ecosystémiques dans la Forêt Classée de Dindéresso à l'Ouest du Burkina Faso*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 203.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p203>

Résumé

Les parcs agroforestiers à *Anarcadium occidentale* fournissent de nombreux services aux populations locales de la Forêt Classée de Dindéresso (FCD) à l'Ouest du Burkina Faso. En dépit de cette importance, la nature de ces services est mal documentée. La présente étude a pour but de caractériser les parcs agroforestiers à *Anarcadium occidentale* de la FCD et d'identifier les services écosystémiques. L'étude a été réalisée à partir des enquêtes sociodémographiques, ethnobotanique et d'inventaire forestier auprès des producteurs et de la population environnante. Notre étude montre que

l'exploitation des parcs est faite exclusivement par des hommes, tous de l'ethnie autochtone Bobos. Aussi le faible niveau d'alphabétisation affiché n'optimise pas l'exploitation des plantations d'anacardier. Les services écosystémiques les plus importants sont ceux de l'approvisionnement (alimentation, 24,6% ; bois énergie, 24,6% et médicaments, 24,6%), de régulation (climat, 51.74%) et culturel (loisirs, 50.94% et tourisme 45.28%). Les parties de l'anacardier les plus utilisées en pharmacopée sont préférentiellement l'écorce (63.04%), les racines (26.08%) et les feuilles (10.88%), administrés par voie orale et en bain. Les fruits sont principalement transformés en cacahouètes (27.67%) et en pâte (21.27%). Les causes de dégradation majoritairement exprimées sont le pâturage (17.82%), les déchets ménagers (17.82%) et les feux de végétation (14.72%). Par contre les contraintes de production les plus citées sont les vents violents (17.64%) et les attaques d'insectes (15.96%). Les résultats ont aussi mis en évidence la dégradation des parcs depuis les 20 dernières années couplée à une baisse flagrante de la production et une rareté de l'espace cultivable. L'inventaire floristique a permis d'identifier l'état sanitaire des anacardières, dont la plus grande menace est le parasitisme (19.86%). Il a aussi montré l'importance de la FCD pour la population environnante principalement pour le ramassage de bois (18.58%) et la récolte des fruits (18.58%). Les espèces ligneuses préférentiellement associées à l'anacardier sont *Vitellaria paradoxa* (37%) et *Parkia biglobosa* (17%), tandis que les cultures majoritairement associées sont *Zea mays* (70%) et *Phaseolus vulgaris* (68%). Les mesures dendrométriques effectuées sur 988 individus montrent que le diamètre moyen (DBH) est de 32.39 cm et le diamètre moyen du houppier de 7.52 m. Par ailleurs la plupart des individus des plantations ont des diamètres compris entre 20 et 45 cm caractéristique d'un peuplement artificiel équienne. Des actions sylvicoles ciblées pour ouvrir la canopée et le sous-bois doivent donc être menées pour améliorer les conditions de germination et de survie des semis de l'espèce.

Mots-clés : Anacardier, Forêt classée de Dindéresso, parcs agroforestiers, services écosystémiques

Characterization of Agroforestry Parks with *Anacardium occidentale* L. and Ecosystem Services in the Forêt Classée de Dindéresso in western Burkina Faso

Moïse Yoni

Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement Rural,
Université de Dédougou (UDDG), Dédougou, Burkina Faso
Laboratoire des Systèmes Naturels, des Agro-systèmes et de l'Ingénierie de
l'Environnement (Sy.N.A.I.E), Institut du Développement Rural (IDR),
Université NAZI Boni, Bobo-Dioulasso, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Issaka Senou

Laboratoire des Systèmes Naturels, des Agro-systèmes et de l'Ingénierie de
l'Environnement (Sy.N.A.I.E), Institut du Développement Rural (IDR),
Université NAZI Boni, Bobo-Dioulasso. Bobo-Dioulasso, Burkina Faso
Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement Rural,
Université de Dédougou (UDDG), Dédougou, Burkina Faso

Elie Yempabou Yonli

Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement Rural,
Université de Dédougou (UDDG), Dédougou, Burkina Faso

Abstract

Agroforestry parks with *Anacardium occidentale* provide numerous services to local populations in the Forêt Classée de Dindéresso (FCD) in western Burkina Faso. Despite this importance, the nature of these services is poorly documented. The aim of the present study is to characterize the western *Anacardium* agroforestry parks of the FCD and to identify ecosystem services. The study was based on sociodemographic, ethnobotanical and forest inventory surveys of producers and the surrounding population. Our study shows that the parks are exploited exclusively by men, all from the indigenous ethnic group. This gives them full access to the land, unlike migrants. Also, the low level of literacy displayed does not optimize the exploitation of cashew plantations. The most important ecosystem services are those of supply (food, 24.6%; wood energy, 24.6% and medicines, 24.6%), regulation (climate, 51.74%) and cultural (leisure, 50.94% and tourism, 45.28%). The parts of the cashew tree most commonly used in the pharmacopeia are bark (63.04%), roots (26.08%) and leaves (10.88%), administered orally and in baths. Fruits are mainly processed into peanuts (27.67%) and paste (21.27%). The main causes of degradation are grazing (17.82%), household waste (17.82%) and vegetation fires (14.72%). On the other hand, the most cited production constraints were strong winds (17.64%) and insect attacks (15.96%). The

results also highlighted the degradation of the parks over the last 20 years, coupled with a flagrant drop in production and a scarcity of cultivable space. The floristic inventory enabled us to identify the health status of cashew trees, the greatest threat being parasitism (19.86%). It also showed the importance of FCD for the surrounding population, mainly for gathering wood (18.58%) and harvesting fruit (18.58%). The woody species most commonly associated with cashews are *Vitellaria paradoxa* (37%) and *Parkia biglobosa* (17%), while the crops most commonly associated are *Zea mays* (70%) and *Phaseolus vulgaris* (68%). Dendrometric measurements carried out on 988 trees show that the average diameter (DBH) is 32.39 cm and the average crown diameter is 7.52 m. Most of the trees in the plantations have diameters of between 20 and 45 cm, characteristic of an even-aged artificial stand. Targeted silvicultural measures to open up the canopy and undergrowth are therefore needed to improve germination and survival conditions for the species seedlings.

Keywords: Cashew, ecosystem services, agroforestry parks, Forêt classée de Dindéresso

Introduction

Le Burkina Faso recèle d'importantes potentialités en ressources naturelles, particulièrement agroforestières. Ces ressources occupent une place importante dans les moyens de subsistance de la population locale. Parmi les espèces agroforestières de l'Ouest du Burkina Faso, *Anacardium occidentale* (anacardier) fait partie des plus exploitées pour ses nombreux services et produits. *A. occidentale* est un arbre fruitier de la famille des Anacardiaceae dont la hauteur totale dépasse rarement 8 à 10 m à l'âge adulte en Afrique (Bama, 2014). De nos jours, l'anacardier est une culture de rente en plein essor et représente pour le pays une grande opportunité à travers l'exportation de ses noix (Dedehou *et al.*, 2015).

Par définition un parc agroforestier est «un système d'utilisation des terres dans lequel les végétaux ligneux pérennes sont délibérément conservés en association avec les cultures et/ou l'élevage. Tout cela dans un arrangement spatial dispersé et où existent à la fois des interactions écologiques et économiques entre les ligneux et les autres composantes» (Dembélé, 2014). Comme dans toutes exploitations agroforestières africaines, les producteurs associent quelques ligneux pérennes dans les parcs (Ndiaye, 2014). Les espèces associées sont entretenues lors des défriches pour leurs vertus thérapeutiques, alimentaires, commerciales et spirituels (Wala *et al.*, 2005). Parfois ces associations pour une productivité réciproque ne sont pas respectées. Dans les cas de l'exploitation de l'anacardier dans les parcs agroforestiers au Burkina Faso, on remarque des baisses de rendement par

endroit dues à des contraintes diverses (Somé, 2014). Les contraintes majeures à la productivité de l'anacardier seraient d'une part d'ordre génétique principalement, et d'autre part, en lien avec une application approximative de l'itinéraire technique recommandé (Hore *et al.*, 2015) et des pressions anthropiques liées à la population environnante.

Face à ces contraintes, certains groupements d'exploitation forestière se sont organisés pour mieux gérer les parcs agroforestiers d'anacardier en Afrique de l'Ouest. C'est ainsi que la forêt classée de Dindéréso (FCD) d'une superficie de 8500 ha dans l'Ouest du Burkina Faso fait l'objet de surveillance et d'entretien par la Direction Provincial de l'Environnement (DPE). A l'intérieur de la forêt se trouvent des parcs agroforestiers d'anacardier gérées par l'Union des Groupements de Gestion Forestière (UGGF) mis en place par la DPE. Ces parcs agroforestiers sont soumis aux pressions humaines, tels que la pratique agricole, le prélèvement de bois et de fruits, qui freinent leur développement. Ce qui justifie la création de l'UGGF pour aider et contribuer à freiner au maximum ces pressions. Mais L'UGGF ne dispose pas de ressources nécessaires pour un travail efficace car certaines contraintes sont des résultats des activités anthropiques. Cependant des aspects tels que la protection contre les feux de végétation et le pâturage sont mieux encadrés. Etant une structure administrative, la DPE a besoin de plus d'informations pour mieux organiser ses activités et contribuer à résoudre efficacement les contraintes subies par la FCD.

L'exploitation des plantations d'anacardier dans les parcs agroforestiers, à l'Ouest du Burkina Faso, procurent des revenus aux producteurs, tout comme les services écosystémiques sont importants pour la population environnante. En effet les services écosystémiques sont définis comme étant les biens et services que les hommes peuvent tirer des écosystèmes, directement ou indirectement, pour assurer leur bien-être (nourriture, qualité de l'eau et paysages) (Sirami *et al.*, 2016; Ouédraogo *et al.*, 2020).

Cependant il manque des informations sur leur importance dans la FCD (Sompougou, 2004; Bahiré, 2016 et Yaméogo *et al.*, 2020).

C'est ainsi que la présente étude se fixe pour objectif de caractériser les parcs agroforestiers à *A. occidentale* de la FCD et d'identifier les services écosystémiques dans la région Ouest du Burkina Faso. Il s'agit spécifiquement (i) d'évaluer l'importance des services écosystémiques fournis par *A. occidentale* et (ii) d'étudier la structure et la dynamique de sa population dans les parcs agroforestiers.

Cela nous permettra d'identifier les services écosystémiques ainsi que les menaces qui existent sur la population de *A. occidentale* dans le but d'établir des outils d'aide et de décision pour la gestion des parcs agroforestiers dans la FCD.

Matériel et Méthodes

Cadre de l'étude

L'étude a été réalisée dans la forêt classée de Dindéresso (FCD) située au Nord-Ouest de la ville de Bobo-Dioulasso dans la province du Houet (région des Hauts-Bassins) à l'Ouest du Burkina Faso. La FCD est comprise entre 4°18'46'' et 4°26'40'' de longitude Ouest, et entre 11°11'05'' et 11°18'10'' de latitude Nord (Figure 1). Conformément à l'arrêté n°3006/SE du 26 août 1941, sa superficie est passée de 1500 ha à 8500 hectares de nos jours (Yonli, 2023).

Le climat de la zone est tropical de type nord-soudanien, avec une pluviosité comprise entre 700 et 1200 mm/an. Deux saisons bien distinctes la caractérise à savoir une saison sèche (de novembre à mai) et une saison pluvieuse (de juin à octobre). La température moyenne annuelle est de 28,2°C (Yonli, 2023).

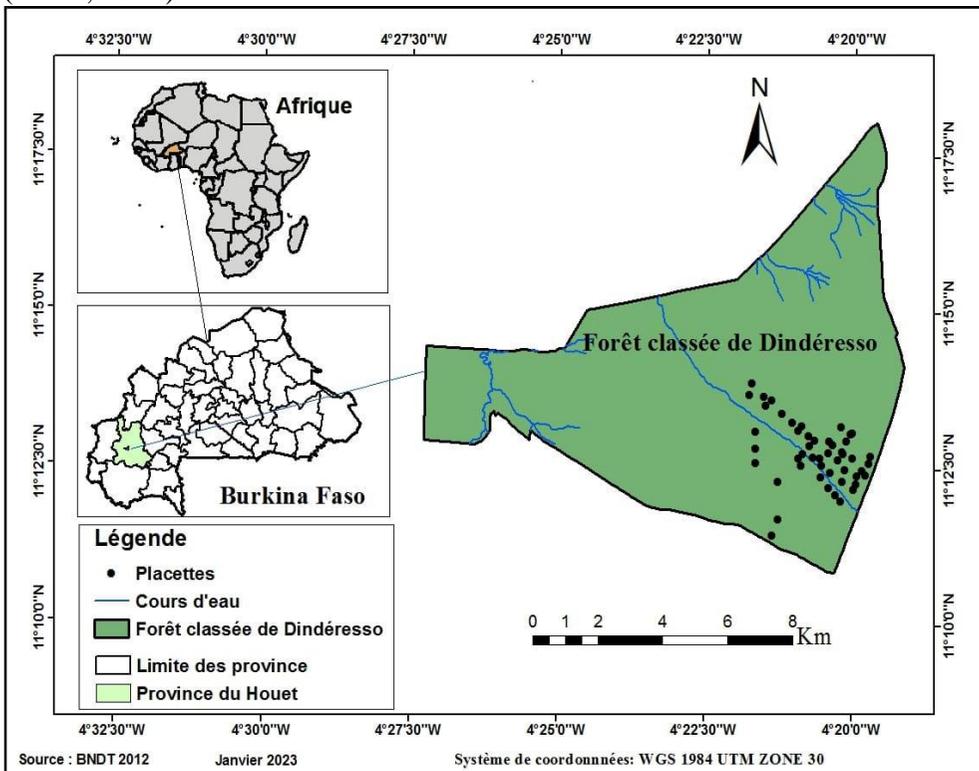


Figure 1. Carte de la zone d'étude (Yonli, 2023)

Végétation, population et principales activités

La végétation est composée des formations naturelles et des plantations forestières. On distingue des savanes, une forêt galerie le long de la rivière Kou, des champs et des plantations forestières (1700 ha) installées entre les années 1936 et 1988 (Bahiré, 2016). Les espèces exotiques rencontrées sont :

Anacardium occidentale, *Eucalyptus camaldulensis* et *Tectona grandis*. Suivant le taux de recouvrement de la végétation ligneuse et la composition floristique on distingue trois types de savane (Kaboré, 2011) : (i) la savane boisée peu représentée, composée de *Anogeissus leiocarpus*, et de *Vitellaria paradoxa* où la strate arbustive est dominée par des combrétacées et d'autres arbustes tels que *Gardenia sp*, *Hymenocadia acida* et *Swartzia madagascariensis*, (ii) la savane arborée peu représentée également qui renferme des espèces arborées dominantes telles que *Daniellia oliveri*, *Vitellaria paradoxa*, *Terminalia macroptera*, *Terminalia laxiflora*, *Lanea acida*, *Isobertina doka*, *Erythrophleum africanum*, *Piliostigma reticulatum* et *Piliostigma thonningii* et (iii) la savane arbustive caractérisée par *Detarium microcarpum*, *Combretum nigricans*, *Entada africana*, *Guiera senegalensis*, *Crossopteryx febrifuga*, *Vitex simplicifolia*, *Sorindeca juglandifolia* et *Hymenocardia acida*.

Les groupes ethniques majoritaires sont les autochtones bobos, les senoufos et les semblas auxquels s'ajoutent des groupes allochtones attirés par les potentialités de la région. Ce sont essentiellement les Peulhs, Mossis, Gourounsis, Dagaras et Dafings. Tous ces groupes exercent sur la forêt une pression diversifiée (INSD, 2016).

L'agriculture et l'élevage sont les activités principales à ceux-là s'ajoutent l'exploitation forestière et la pêche.

Méthodes d'étude

Pour mieux comprendre la contribution de la plantation à *A. occidentale* au bien-être de la population locale, deux types d'enquêtes ont été réalisées : une enquête sociodémographique pour identifier le type d'exploitant et une enquête ethnobotanique pour identifier l'usage que fait la population des espèces végétales. Un inventaire forestier a été effectué pour caractériser la population de *A. occidentale* (étude de la structure et la dynamique de ses individus).

Enquêtes sociodémographique et ethnobotanique

L'enquête auprès des principaux gestionnaires (producteurs et Eco-gardes) de la plantation de *A. occidentale* a permis de percevoir leurs connaissances locales. Le questionnaire a été administré de façon individuelle à travers des entretiens semi-structurés et porte sur les caractéristiques sociodémographiques des enquêtés (nom et prénom, âge, sexe, activité principale, ethnie, statut social, localité et niveau d'instruction), les services écosystémiques, les usages ethnobotaniques, le fourrage, la fertilisation, la pharmacopée, l'état antérieur et actuelle des parcs agroforestiers ainsi que les pressions qui s'exercent sur ses parcs agroforestiers à *A. occidentale* de la forêt classée de Dindéresso. Dans la fiche d'enquête élaborée, une échelle allant de

0 à 3 a été utilisée pour évaluer le niveau d'utilisation des parties de l'espèce pour chaque catégorie d'usage : 0=pas utilisée, 1= peu exploitée, 2= moyennement exploitée et 3= beaucoup exploitée. Au total, 50 personnes ont été enquêtées.

Inventaire forestier

L'inventaire forestier a été effectué sur des placettes de 2500 m² (50m x 50m) (Thiombiano *et al.*, 2016) dans les parcs agroforestiers à *A. occidentale* de la FCD. Les placettes ont été installées de façon aléatoire avec une distance d'écartement de 150 m au sein d'un même parc. Cette distance évite d'avoir des informations similaires pour des fins d'analyse spatiale, car à moins de 100-150 m les points s'agglutinent. Un mètre ruban, une ficelle et des jalons ont été utilisés pour mesurer et repérer les placettes. Sur les fiches d'inventaire forestier les données suivantes ont été collectées : la circonférence à hauteur de poitrine, le diamètre du houppier, le diamètre basal, la hauteur de l'arbre ainsi que les coordonnées géographiques de chaque placette. L'état sanitaire de chaque pied a été apprécié à l'œil nu (Yaméogo *et al.*, 2020). Au total, 50 placettes ont été installées.

Traitement des données d'enquête

Les données d'enquête ont été d'abord dépouillées manuellement puis saisies et traitées à l'aide du logiciel Sphinx Plus V5. Celui-ci a permis de générer directement les résultats en fonction des variables de saisie en utilisant les techniques d'analyses uni-variées ou bi-variées. Les premiers résultats ont été transformés sur le tableur Excel pour être présentés sous forme de tableaux, de diagramme et d'histogrammes. Lors du traitement des données d'enquête, les variables suivantes ont été calculées.

- ✓ La fréquence relative de citation (FRC) pour chaque catégorie d'utilisation de *A. occidentale* a été calculée à l'aide de la formule basée sur le niveau de fidélité (Friedman *et al.*, 1986) :

$$FRC = \frac{Np}{N} \times 100$$

Où *FRC* est la fréquence relative de citation exprimée en pourcentage; *Np* est le nombre d'informateurs qui ont mentionné une utilisation spécifique de l'espèce et *N* le nombre total d'informateurs.

- ✓ Nombres d'usage rapporté (UR):

$$UR = \sum NC_i$$

Avec *NC_i* : Nombre de citations d'une catégorie d'usage.

- ✓ Valeur d'usage (VU) : indice utilisé pour évaluer l'importance d'une plante dans une communauté (Houehanou *et al.*, 2016). Il se calcule selon la formule de Phillips *et al.* (1994) :
$$VU = \frac{\sum U}{N}$$
, où U = nombre d'usage mentionné par les répondants et N= nombre total de répondants.
- ✓ Le Niveau de Fidélité (NF) d'une espèce a été défini par rapport aux différentes catégories d'usage. NF est le pourcentage d'informateurs affirmant utiliser une plante donnée pour le même objectif principal (Ugulu, 2012; Cheikhyoussef *et al.*, 2011).

$$NF = \frac{\text{Nombre de citation de l'espèce pour une catégorie}}{\text{Nombre de citation de l'espèce pour toutes les catégories}} \times 100$$

Traitement des données d'inventaire forestier

Après la collecte, les données d'inventaire ont été saisies avec Excel et analysées avec le logiciel R. version 4.3.1 (2023-06-16).

◆ Analyse de la structure

Les analyses ont portées sur des statistiques descriptives (moyenne et écart- type). Les paramètres pris en compte pour l'analyse structurale sont : le diamètre, la densité, la surface terrière, et la hauteur des arbres.

- Le diamètre des arbres est obtenu par la formule :

$$D = \frac{C}{\pi}$$
 ; avec C la circonférence des arbres;

- La densité : c'est le nombre d'individus par unité de surface. Elle s'exprime en nombre d'individus/Ha : $d = \frac{\text{Nombre total d'arbres de la placette}}{\text{Superficie de la placette}}$

- La surface terrière (G) d'un peuplement ligneux est la somme des surfaces terrières de tous les arbres qui le composent. Elle est calculée par la formule :

$$G = \sum gi$$
; avec g la surface terrière d'un arbre.

$$g = \pi d^2/4$$
; avec d le diamètre en m.

Elle permet de déterminer le degré de compétition entre arbres au sein du peuplement et les conditions d'éclairement du sol en considérant qu'un peuplement dense ou âgé peut avoir une surface terrière élevée (25 à 50 m²/ha)

tandis qu'un peuplement jeune ou moins dense aura une surface terrière faible : 5 à 15 m²/ha (Tsoumou et al., 2016).

- La hauteur moyenne de Lorey (HL) : c'est la hauteur moyenne pondérée des arbres inventoriés à l'intérieur d'un plateau par leur surface terrière (Philip, 1994; Lokonou, 2008). Le calcul de cette hauteur est important car il minimise les biais. La hauteur de Lorey est affectée dans la moindre mesure par la mortalité et la coupe des arbres. C'est un critère important pour la gestion des espèces ligneuses (Lankoandé *et al.*, 2016). Elle s'obtient par la formule suivante :

$$HL = \frac{\sum_{i=1}^n g_i h_i}{\sum_{i=1}^n g_i}$$

avec $g_i = \pi d^2/4$ la surface terrière, h la hauteur et d_i le diamètre de l'individu i.

- ◆ Etude de la dynamique de la population de *A. occidentale*

Des classes de diamètre ont été définies pour l'élaboration de la dynamique de la population. Tous les individus de l'espèce ont été répartis par classe de 5 cm de diamètre et les densités des arbres (arbres/ha) par classe de diamètres ont été déterminées.

Le logiciel Minitab version 16 a été utilisé pour l'estimation des paramètres de distribution théorique de Weibull (Bailley et Dell, 1973) à partir des données de diamètres et de hauteurs. Sa fonction de densité de probabilité, F(x) se présente sous la forme ci-dessous :

$$F(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} \exp \left[-\left(\frac{x-a}{b}\right)^c \right]$$

Où x est le diamètre des arbres, la circonférence ou la hauteur des arbres et F(x) sa valeur de densité de probabilité; a est le paramètre de position; b le paramètre d'échelle ou de taille et c le paramètre de forme lié à la structure observée.

Les différentes interprétations des structures en diamètres suivant les valeurs du paramètre de forme c de la distribution de Weibull sont (Glélé Kakai *et al.*, 2016):

- $c < 1$ distribution en « J renversé », caractéristique des peuplements multi-spécifiques à fort potentiel de régénération (inéquiennes);
- $c = 1$ distribution exponentiellement décroissante, caractéristique des populations à fort potentiel de régénération mais présentant un problème de survie lors de la transition entre les stades de développement (population en extinction);

- $1 < c < 3,6$ distribution asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements artificiels monospécifiques avec prédominance relative d'individus jeunes et de faible diamètre. Elle peut aussi être caractéristique de populations à faible potentiel de régénération dû aux actions exogènes surtout dans les petites classes de diamètre;
- $c = 3,6$ distribution symétrique; structure normale, caractéristique des populations d'espèce à faible potentiel de régénération dû aux actions exogènes ou caractéristiques de l'espèce;
- $c > 3,6$ distribution asymétrique négative ou asymétrique gauche, caractéristique des peuplements monospécifiques à prédominance d'individus âgés, à gros diamètre. Elle peut aussi être caractéristique des populations dégradées à très faible potentiel de régénération dû aux pressions anthropiques et peut indiquer des populations en extinction.

Analyse statistique

Les logiciels R. version 4.3.1 (2023-06-16) et XLSTAT ont été utilisés pour les analyses de variances et les calculs des paramètres dendrométriques.

Résultats

Caractéristiques sociodémographiques de la population

Les enquêtes ont permis d'avoir 50 personnes dont, 35 qui appartiennent au Groupement des Exploitants Agro-Forestiers de la Plantation d'Anacardier (GEAFPA) mise en place par l'union des Groupements de Gestion Forestière (GGF). Elles sont chargées de la gestion et de la surveillance de la plantation. Les 15 autres sont des éco-gardes également recrutés par l'union pour la surveillance de la forêt. Au total, 49 hommes (98 %) et une femme (2 %) ont été enquêtés. Cinq groupes ethniques sont identifiés : les autochtones Bobos (53,33%), les migrants Mossis (13,33%), Sénoufos (13,33%), Dafing (10%) et Toussians (10%). Les âges varient entre 29 et 66 ans (Tableau 1). 46,67% sont analphabètes contre 53,33% alphabétisés. Plus de la moitié des enquêtés (63,33%) font de la surveillance de la forêt leur activité principale tandis que les autres (23,33%) pratiquent l'agriculture.

Tableau 1. Caractéristiques sociodémographiques de la population

Variables	Modalités	Pourcentage (%)
Genres	Hommes	98
	Femme	2
Ages	(<30 ans)	6,67
	Entre (30<age<60 ans)	73,33
	(>60 ans)	20,00
Niveaux d'éducation	Nons instruits	46,67
	Primaires	23,33
	Secondaires	20,00
	Ecoles coraniques	10,00

Ethnies	Bobo	53,33
	Dafing	10,00
	Mossi	13,33
	Senoufo	13,33
	Toussian	10,00
Activités principales	Agriculture	23,33
	Agro-pasteur	3,33
	Commerce	6,67
	Magasinier	3,33
	Surveillance	63,33

Perceptions des services écosystémiques

Au total 17 services écosystémiques ont été identifiés et repartis en quatre catégories (service d’approvisionnement, service de régulation, service de soutien/support, service culturel/social) (Tableau 2). Pour chaque type de service, les catégories de service les plus cités pour l’approvisionnement sont : l’alimentation (24,6%), le bois énergie (24,6%), les médicaments (24,6%) et le fourrage (21,6%). Pour les services de régulation, celle du climat (51,74%) est la plus citée. En ce qui concerne les services culturels, les loisirs (50,94%) et le tourisme (45,28%) sont les plus importants. Quant-aux services de support, la catégorie la plus rencontrée est l’habitat des espèces fauniques (26,6%) suivi de la protection des cultures contre les ravageurs (24,8%).

Tableau 2. Fréquence de citation des services écosystémiques

Catégories	Services	Fréquence (%)
Approvisionnement	Alimentation	24,59
	Bois d'œuvres	4,91
	Bois énergies	24,59
	Fourrages	21,31
	Médicaments/santé	24,59
Soutien/support	Brises vents	23,89
	Habitats pour animaux	26,54
	Nidification	24,77
	Protection contre les ravageurs	24,77
Régulation	Fertilisation du sol	13,15
	Lutte contre l'érosion	18,42
	Purification de l'eau	16,66
	Régulation climatique	51,74
Sociaux-culturel	Loisirs et divertissements	50,94
	Rituels	3,77
	Tourisme	45,28

Identification des différentes parties utilisées de *A. occidentale* et leur utilisation

Les enquêtes ont permis d'identifier des parties de l'espèce utilisées en pharmacopée. Les écorces (63,04%) et les racines (26,08%) sont les parties principalement récoltées et utilisées en médecine traditionnelle pour traiter de nombreuses maladies (Tableau 3). Les maladies les plus soignées par les parties de *A. occidentale* citées par les répondants sont respectivement : les ulcères (40,54%), la tension (18,92%), le paludisme (13,51%) et les hémorroïdes (8,11%). Pour le mode d'administration, quatre modes ont été identifiés dont le plus important est l'administration par voie orale + bain (68%). Celle par voie orale seule (16%) est secondairement citée.

Tableau 3. Parties de *A. occidentale* exploitées en pharmacopée par la population et leurs différents usages

Parties et fréquence de citation (%)	Modes d'administration (%)	Maladies traitées (%)
Ecorces (63,04 %)	Orale + bain (68%)	Ulcères (40,54%)
Racines (26,08%)	Orale (16%)	Hypertension artérielle (18,92 %)
Feuilles (10,88%)	Bain (12%)	Paludisme (13,51%)
	Bain + purge (4%)	Autres (18.92%)

A partir des calculs du niveau de fidélité (NF) et de la valeur d'usage (VU) nous avons identifié plusieurs types d'usage, à savoir : l'alimentation (11,86% ; 100%) ; le bois énergie (11,86% ; 100%) ; les médicaments/santé (11,86% ; 100%) ; le fourrage (10,28% ; 87%) ; les cacahouètes (10,26% ; 87%) ; la patte (7,91% ; 67%) ; le jus (7,51% ; 63%) et les ulcères (5,93% ; 50%) (Tableau 4).

Tableau 4. Niveau de fidélité et valeur d'usage de l'espèce

Usages	NF (%)	VU (%)
Carie dentaire	0,40	3
Diabète	0,40	3
Dysenterie	0,40	3
Hémorroïdes	1,19	10
Maux de pieds	0,40	3
Maux de ventre	0,40	3
Paludisme	1,98	17
Prolapsus anal	0,40	3
Tension	2,77	23
Toux	0,40	3
Ulcères	5,93	50
Alimentation	11,86	100
Bois d'œuvres	2,37	20

Bois énergies	11,86	100
Fourrages	10,28	87
Médicaments/santé	11,86	100
Rituels	0,79	7
Biscuits	0,79	7
Cacahouète	10,28	87
Caramel	3,56	30
Huile	5,53	47
Jus	7,51	63
Patte	7,91	67
Savon	1,58	13

Valorisation des fruits

La Figure 2 présente les différents produits obtenus après transformation des fruits de *A. occidentale* par les producteurs. Les plus importants sont les cacahouètes (27,67%), la pâte (21,27%), le jus (20,21%) et l'huile (14,89%).

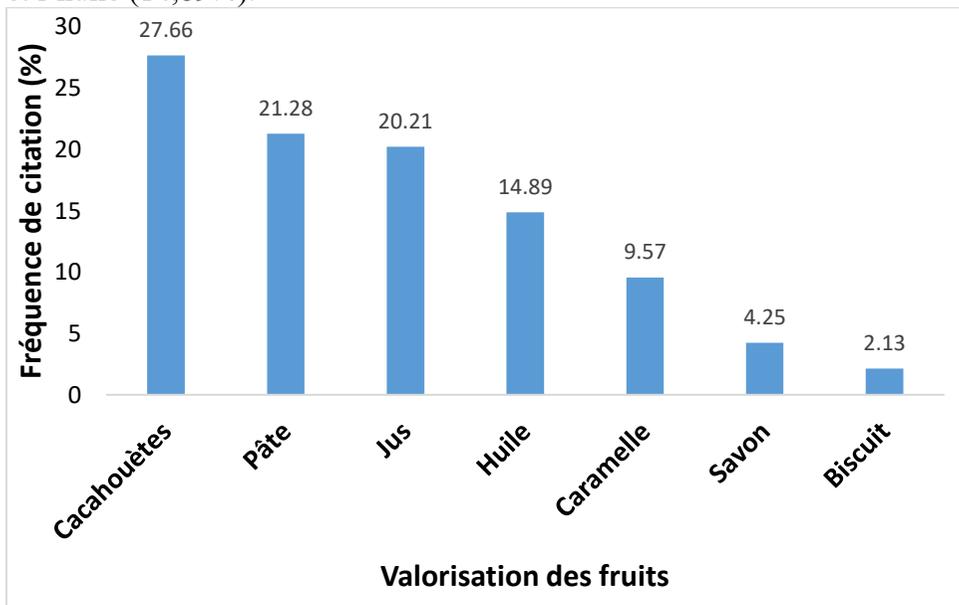


Figure 2. Valorisation des fruits de *A. Occidentale*

Causes des dégradations des plantations à *A. occidentale*

Les plantations de *A. occidentale* de la FCD se sont dégradées au fil des années. Les causes fréquemment citées sont : les déchets ménagers (17,82%), le pâturage (17,82%), les feux de végétation (14,72%), la surpopulation (12,40%) et l'intensité du vent (11,62%) (Figure 3).

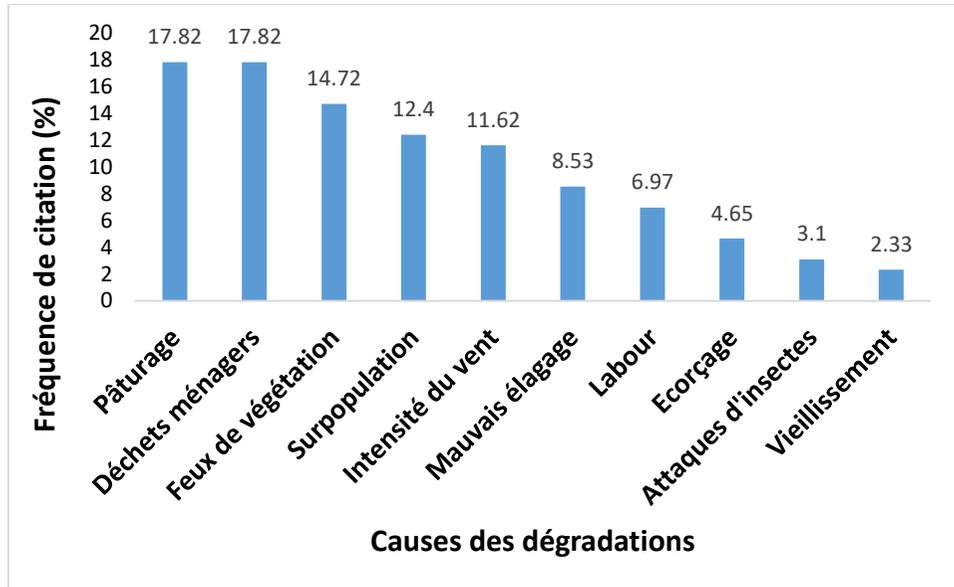


Figure 3. Causes des dégradations des plantations à *A. occidentale*

Contraintes de production

Plusieurs facteurs entravent la production de *A. occidentale* et réduisent ainsi les rendements de la plantation. Parmi ces facteurs, les plus cités sont respectivement l'intensité du vent (17,64%), les attaques d'insectes (15,96%), la faible pluviométrie (15,12%), le mauvais élagage (14,28%), les maladies (10,08%) et le vieillissement (9,43%) (Figure 4).

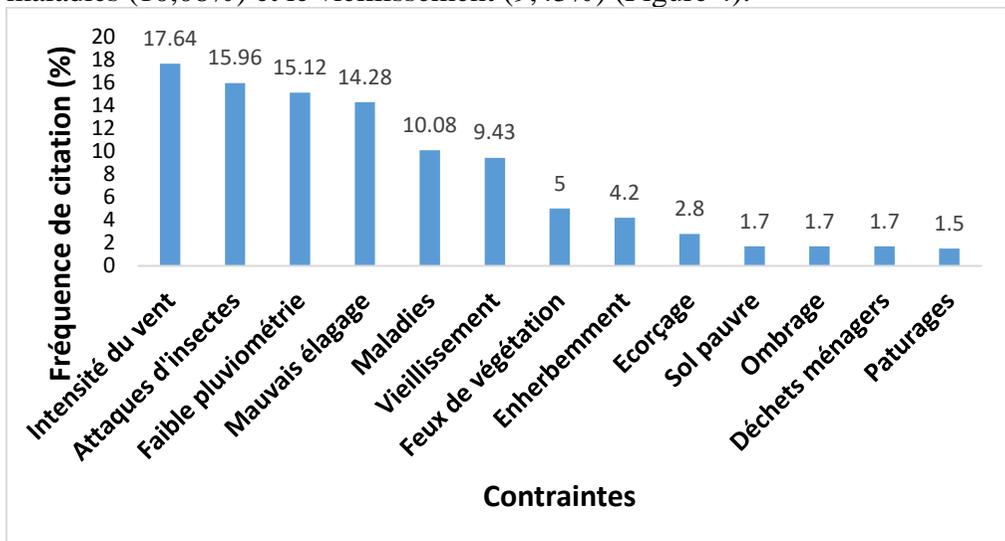


Figure 4. Contraintes de production des plantations à *A. occidentale*

Evolution des plantations de *A. occidentale*

Le Tableau 5 présente l'évolution des plantations de *A. occidentale* de la FCD de ces 20 dernières années. Les espaces cultivables (23,71%) se sont considérablement réduits. La production (20,61%), la qualité des noix (16,49%) et l'état sanitaire (14,43%) étaient excellents. De nos jours l'espace est rare (25%) et très dégradé (47%), ce qui impacte fortement la production (24%).

Tableau 5. Fréquence de citation de l'évolution de la plantation de *A. occidentale*

Avant (années 1993–2003)	Après (année 2023)
-beaucoup d'espace (23.71%)	-très dégradé (23%)
-bonne production de fruits (20.62%)	-manque d'espace (25%)
-noix de bonne qualité (16.5%)	-baisse de la production (24%)
-plantation saine (14.43%)	-moyennement dégradé (25%)
-plantation faiblement dégradée (6.19%)	-faiblement dégradé (3%)
-jeune plantation (6.19%)	
-population très dense (5.15%)	
-plantation âgée (3.1%)	
-mauvaise qualité des noix (2.06%)	
-plantation bien entretenue (1.03%)	
-terre fertile (1.03%)	

Etat sanitaire des individus de *A. occidentale*

L'inventaire floristique des individus de *A. occidentale* de la FCD a permis d'identifier leurs états sanitaires. Le parasitisme (19,86%) y est très présent. On remarque aussi des individus semi-morts (11,45%) et ébranchés (11,14%). Malgré tout la majorité ne présente aucuns défauts visibles (48.83%) (Figure 5).

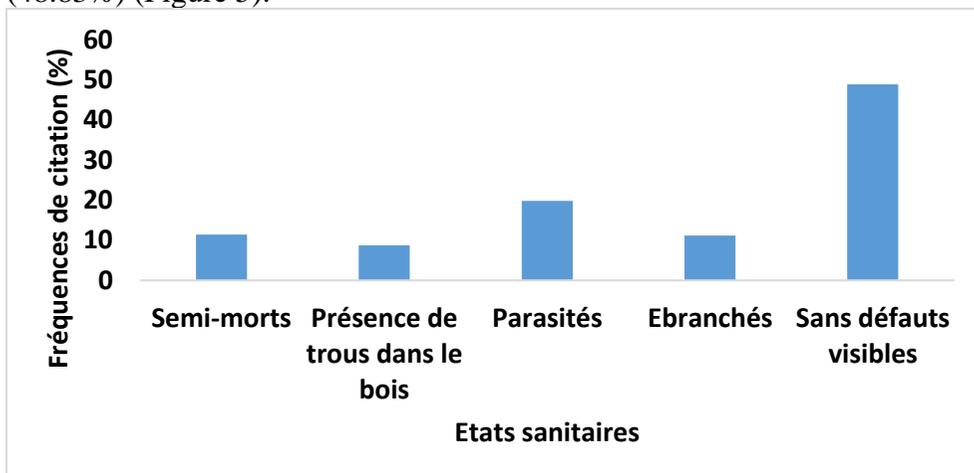


Figure 5. Fréquence de citation de l'état sanitaire des individus de *A. occidentale*

Avantages de la forêt classée de Dindéresso

Au total, 14 avantages ont été identifiés. Les plus importants sont respectivement : les prélèvements des fruits (18,58%) et de bois (18,58%), la récolte des plantes médicinales (15,38%); la bonne pluviométrie (12,17%) et le renouvellement de l'air (8,97%) (Figure 6).

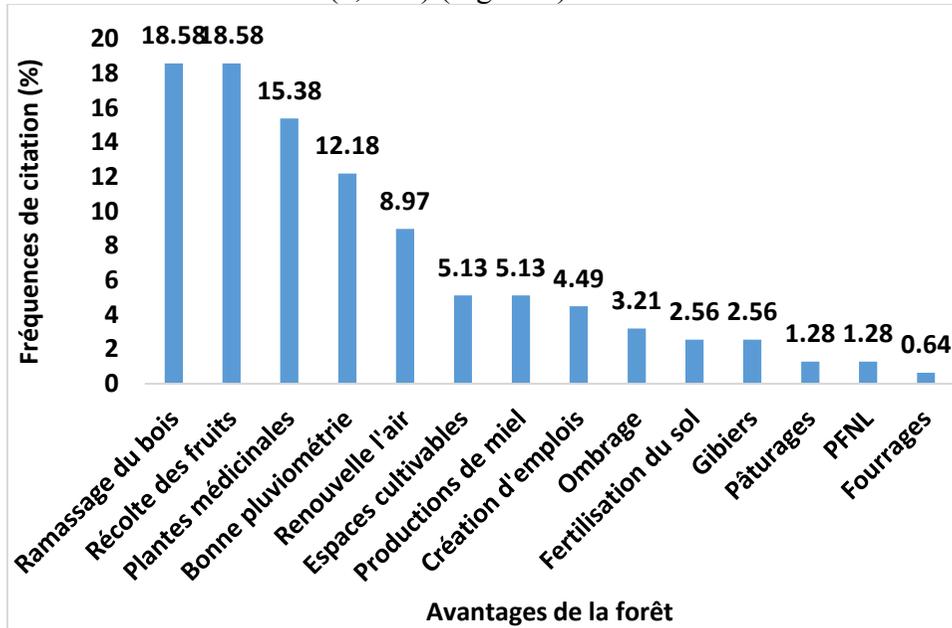


Figure 6. Fréquence de citations de quelques avantages de la forêt

Espèces ligneuses associées aux plantations de A. occidentale

Les inventaires ont permis de recenser 988 espèces ligneuses (DBH>5cm), réparties en 17 genres et 7 familles. Les plus représentées sont les Fabaceae et les Meliaceae. Les espèces les plus rencontrées sont *Vitellaria paradoxa* (37%) et *Parkia biglobosa* (17%). Les autres ligneux ont une fréquence inférieure à 10% (Figure 7).

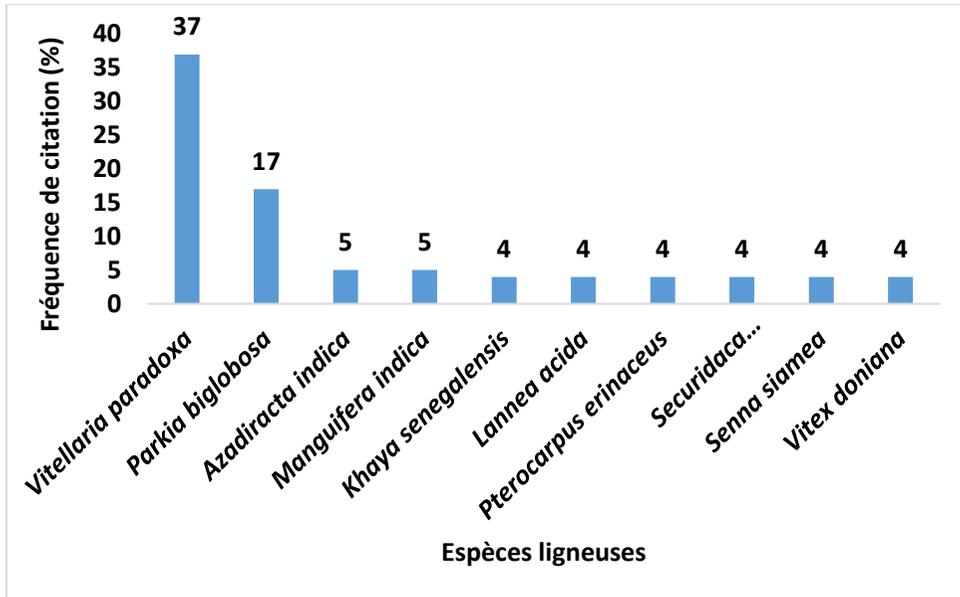


Figure 7. Espèces ligneuses associées aux plantations de *A. occidentale*

Cultures associées aux plantations de A. occidentale

Diverses cultures annuelles sont associées à *A. occidentale*. Parmi celles-ci, 2 familles sont majoritaires, les Fabaceae et les Poaceae. On rencontre principalement *Zea mays* (70%), *Phaseolus vulgaris* (68%), *Arachis hypogaea* (45%) et *Sorghum bicolor* (40%) (Figure 8).

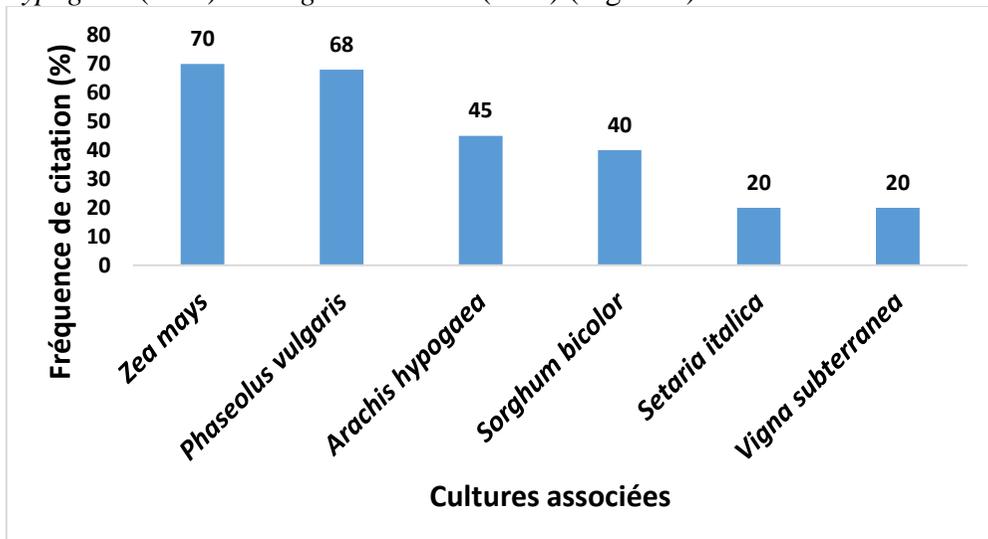


Figure 8. Cultures annuelles associées aux plantations de *A. occidentale* Structure de la population de *A. occidentale*

Le Tableau 6 synthétise les résultats de l'analyse statistique des individus inventoriés. Les paramètres dendrométriques ont été mesurés sur 988 espèces ligneuses de 15,7 cm de DBH minimum. Ce qui correspond à une densité moyenne de $79,04 \pm 27,28 \text{ ind.ha}^{-1}$ avec une surface terrière de $7,84 \pm 0,09 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$. Le diamètre moyen (DBH) des arbres inventoriés est de $32,39 \pm 14,63 \text{ cm}$ et celui à la base est de $39,39 \pm 18,69 \text{ cm}$ tandis que la hauteur moyenne des arbres est de $6,68 \pm 2,08 \text{ m}$. Quant au diamètre moyen du houppier, il est de $7,52 \pm 2,47 \text{ m}$.

Tableau 6. Moyennes des caractéristiques dendrométriques de la population de *A. occidentale* (Ecart-type, n=988)

DBH (cm)	H moyenne de Lorey (m)	D20 (cm)	H houppier (m)	Densité (ind.Ha ⁻¹)	Surf. terrière (m ² .Ha ⁻¹)
$32,39 \pm 14,63$	$6,68 \pm 2,08$	$39,29 \pm 18,69$	$7,52 \pm 2,47$	$79,04 \pm 27,28$	$7,84 \pm 0,09$

La structure de la population de *A. occidentale* est irrégulière entre les classes de diamètres. Ce qui traduit des structures démographiques déséquilibrées. La courbe de Weibull, en forme de cloche, décroît progressivement des classes de diamètres [30-35[vers [60-65[. Plus les diamètres augmentent, plus la courbe décroît et la densité à l'hectare baisse. Par contre, la densité des individus à l'hectare ainsi que la courbe croient pour des classes de faible diamètre inférieur à 35 cm.

L'analyse de la Figure 9 montre que la majorité des individus ont un diamètre compris entre 20 et 45 cm. Cependant, les classes de diamètres [20-25[et [25-30[ont plus de 12 ind.ha^{-1} tandis que les classes [15-20[et [40-45[renferment 8 ind.ha^{-1} .

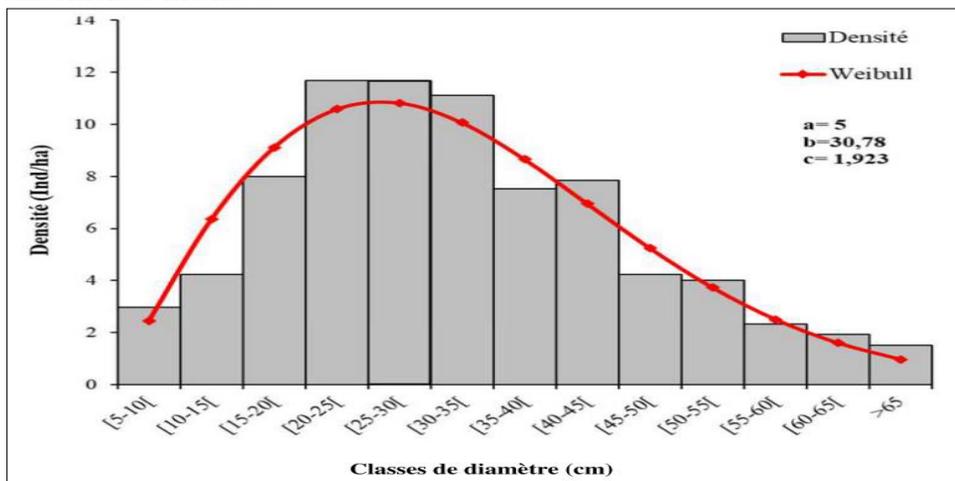


Figure 9. Distribution par classes de diamètre des individus de *A. occidentale*

Discussion

Rôles des populations environnantes

Les enquêtes ont mis en évidence les limites du genre dans l'exploitation de la FCD. En effet, la majorité des enquêtés sont des hommes pour une seule femme qui exploite la plantation de *A. occidentale*. Cela est dû au fait que au Burkina Faso, les femmes rencontrent presque toujours des difficultés plus grandes que les hommes pour accéder aux ressources productives. Les terres agricoles appartiennent généralement aux hommes et ce sont eux qui décident des spéculations à produire. En effet, Zonou (2008) a montré qu'à l'Ouest du Burkina Faso, le choix des spéculations à produire au sein du ménage est lié à la décision du chef de ménage. Aussi dans la culture Bobos, les femmes sont des étrangères car destinées au mariage. Cela pourrait expliquer la faible ou la non-participation des femmes aux activités d'exploitation des plantations à *A. occidentale* qui restent l'héritage des hommes.

Les résultats des enquêtes montrent aussi que la plupart des producteurs ont un niveau d'instruction primaire. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'en milieu rural les enfants sont plus sollicités dès leur plus jeune âge pour les travaux champêtres. En effet, le niveau d'instruction est un facteur très important dans l'adoption des bonnes pratiques agricoles. Effectivement plus le niveau d'instruction du producteur est élevé, plus il dispose d'informations nécessaires lui permettant de mieux comprendre les itinéraires techniques (Zonou, 2008). Quant à l'ethnie majoritaire autochtone qui exploite la FCD, cela s'expliquerait par le statut social qui est un facteur important dans les rapports au foncier. Les autochtones ont un accès privilégié à la terre et aux ressources alors que pour les migrants le processus d'acquisition de la terre est plus compliqué.

Cette diversité ethnique nous a permis de dresser une liste de service écosystémique très enrichissante au regard de la provenance diverse des exploitants.

Importance des services écosystémiques de A. occidentale

Une diversité de services écosystémiques a été identifiée par les populations locales conformément à la classification du MEA (2005) (approvisionnement, régulation, soutien et culturels). Les services d'approvisionnement perçus par les habitants sont liés aux milieux naturels et aux plantations de *A. occidentale*. Les plus cités sont l'alimentation, le bois énergie, les médicaments et le fourrage. L'alimentation est la plus importante, compte tenu du contexte socio-économique. En effet la transformation des noix en divers produits dérivés puis leur vente permet d'améliorer l'économie de plusieurs ménages. Les travaux de Kambaye (2020) ont montré que le bois de *A. occidentale* est utilisé comme bois de chauffe et dans la carbonisation,

conformément à nos résultats. Pour Daffé (2013), la vente du charbon, obtenu à partir de la carbonisation du bois de l'espèce, est une source de revenu non négligeable pour la population, ce qui est aussi le cas dans la FCD. Selon Ouédraogo *et al.* (2020), ces services interviennent dans la satisfaction des besoins de l'homme et sont fondamentaux pour les populations locales. En ce qui concerne le fourrage, nos résultats montrent que les fruits sont utilisés pour nourrir certains animaux. Tout comme l'ont montré Salami *et al.* (2020), les pommes de cajou sont utilisées dans l'élevage pour l'alimentation des porcs et des lapins.

Pour les services de régulation et de soutiens importants, les populations citent les purifications de l'air et de l'eau. Tandjiekpon *et al.* (2005) ont en effet révélé que les plantations d'anacardier contribuent à la réduction du carbone atmosphérique et favorisent un environnement sain pour le développement humain. Ce qui conforte nos résultats, car la population riveraine de la FCD estime que les alentours du parc sont favorables à l'écotourisme à cause de la pureté de l'air. En plus de cela, les anacardiers protègent les cultures contre les ravageurs, le sol contre l'érosion, constituent un habitat pour les animaux sauvages et servent de nids pour la reproduction de certains oiseaux. Balez et Reunkrilek (2013) définissent ces services comme des processus de base nécessaires au fonctionnement de tous les écosystèmes. Dans le cas de la FCD, cela n'est possible que si la population environnante maîtrise les vertus de l'anacardier et l'exploite rationnellement sans causer un déséquilibre environnemental. En plus des services écosystémiques recensés par le MEA (2005), les populations de la FCD ont des préférences sur l'usage des différents organes de l'espèce. Cette diversité d'usage est sans contexte due aux populations hétéroclites présentes dans la zone.

Préférences des organes, mode d'administration et utilisation de A. occidentale

Les écorces, les racines et les feuilles sont les plus utilisées. Cette préférence s'explique par la disponibilité d'au moins un des organes durant toute les saisons (Nacoulma, 2005). Les études menées par Salami *et al.* (2020) ont montré qu'en plus des organes cités, les fruits et les branches sont également utilisés en médecines traditionnelle. Ce qui est différent de nos résultats, et pourrait s'expliquer par l'ignorance des populations locales sur les vertus de ces deux organes. Par contre Kambaye (2020) a montré que les feuilles, les racines et les écorces sont utilisées en pharmacopée conformément à nos résultats.

Sur les 24 utilisations recensées, 18 sont spécifiques. Les fréquences de citations et la valeur d'usage de chaque utilisation permettent de distinguer les principaux usages sur les plans médicinale, hygiénique et alimentaire.

Nous avons ainsi identifié 11 maladies traitées à partir des organes de *A occidentale*. Le mode de traitement majoritaire est celui par voie orale ou par voie orale associée au bain. Ces modes d'administration sont les plus utilisés dans les sociétés traditionnelles africaines, car ils sont considérés comme les voies les plus efficaces pour une meilleure guérison. Cela est conforme aux travaux de Salami *et al.* (2020) qui ont recensé 3 fois plus d'affections traitées par les produits à base de *A. occidentale*. Ce qui met en évidence les lacunes des populations locales de la FCD sur l'usage médicinal de certains organes de l'espèce en ce qui concerne le nombre de maladies traitées.

Sur les plans alimentaire et hygiénique, 7 utilisations spécifiques ont été identifiées issues de la transformation des fruits de l'espèce. Il s'agit de l'huile, des cacahouètes, du savon, du jus, de la pâte, du caramel et des biscuits. Ndiaye *et al.* (2017) ont montré que le jus de la pomme sert à fabriquer des boissons alcoolisées qui procurent des revenus aux producteurs. Pour Kambaye (2020) la pomme est également utilisée dans la fabrication du savon. Ces deux travaux confortent nos résultats dans la mesure où les fruits sont transformés quel que soit la finalité. Indépendamment des avantages cités, les plantations d'anacardier sont soumis à des menaces qui freinent leurs productions et à divers facteurs de dégradation.

Contraintes de production

Au niveau de la production, les principales menaces sont les vents violents, qui perturbent la fécondation des fleurs, les attaques d'insectes, la mauvaise pluviométrie et les maladies encore indéterminées. Certaines menaces sont dues aux effets du changement climatique. En effet il y a de cela 20 ans ces maladies n'existaient pas ou n'étaient pas si importants au point d'être remarquées par les producteurs. Ce que confirme Bello (2014) qui a montré que les facteurs climatiques ont évolué et agissent négativement sur les paramètres phénologiques et de rendements des plants d'anacardier. Contrairement à Houéhanou *et al.* (2016) qui révèlent que la forte densité des pieds est une contrainte à la production, dans les plantations d'anacardier de la FCD, plus la densité est élevée, plus la production est meilleure. En plus des effets climatiques, les activités anthropiques, comme l'élagage mal fait, causent des affections aux plants d'anacardier. En effet cela engendre une mauvaise réalisation de la photosynthèse et une mauvaise circulation de la sève au niveau de la plante réduisant ainsi la production. La solution pour les producteurs serait que l'élagage soit fait par des spécialistes afin de limiter les maladies.

Parmi les causes de dégradation, le surpâturage, les résidus d'herbicides, les feux de végétation et la surpopulation sont les plus importants. En ce qui concerne le surpâturage, la réduction des zones de pâture due à l'occupation des terres pour l'agriculture en serait la cause. Abondant

dans notre sens, les travaux de Barro (2014) ont montré aussi que la divagation des animaux, les feux de végétation et l'utilisation des herbicides sont des difficultés rencontrées par les producteurs et accélèrent la dégradation. En plus des dégradations affichées, ces causes empêchent la végétation naturelle de s'installer pour ensuite coloniser l'espace abandonné.

Par ailleurs, nous avons constaté que les pieds des anacardiens étaient attaqués par des termites et des agents pathogènes identifiés comme étant *Lasiodiplodia theobromae*, *Xanthomonas sp*, *Fusarium sp*, *Oïdium anacardii*. Effectivement notre étude a pris en compte des plantations où les individus ont majoritairement des diamètres caractéristiques d'une population âgée. Ce vieillissement des arbres facilite l'activité des insectes foreurs, car nous avons observé des galeries créées par les termites dans les troncs et dans les branches de l'espèce. Cela a été également observé par Loganathan et Vanitha (2016), qui ont remarqué que l'âge avancé des vergers d'anacardier les expose aux termites et pathogènes. Malgré ces contraintes de production, on observe des associations culturales dans les parcs à anacardiens.

Rôles des cultures associées dans les parcs à A. occidentale

Les résultats des enquêtes nous ont permis de recenser 16 espèces associées à *A. occidentale*, soit 10 pérennes et 6 annuelles. Les cultures annuelles associées sont issues de deux grandes familles à savoir celles des légumineuses et des graminées. Amanoudo *et al.* (2019) révèlent que les céréales (mil, maïs), les légumineuses (soja, haricot) et les tubercules (manioc, igname) sont des cultures préférentiellement associées à *A. occidentale*. Cela corrobore en partie nos résultats sauf pour les tubercules. Ces associations permettent d'enrichir le sol en divers éléments nutritifs qui sont importants pour le développement de l'espèce (Ndiaye *et al.*, 2017). En accord avec plusieurs auteurs (Abeysinghe, 2009; Opoku-Ameyaw *et al.*, 2011 et Ndiaye, 2014), nos travaux ont montré que les légumineuses associées aux jeunes plants d'anacardier favorisent la croissance de ces derniers. Les mêmes raisons sont évoquées pour l'association des cultures annuelles. En effet selon les producteurs, l'association du sorgho ou de l'arachide a amélioré significativement la hauteur et la circonférence des individus de *A. occidentale*. L'association de *A. occidentale* avec les autres ligneux est favorable et bénéfique à travers différentes interactions comme la fixation de l'azote atmosphérique grâce aux Fabaceae (Snoeck *et al.*, 2013). Dans nos parcs, les ligneux associés sont issus de deux familles, les Fabaceae et les Meliáceae. 10 espèces sont identifiées dont *Vitellaria paradoxa* et *Parkia biglobosa* sont les plus importants. En accord avec Wala *et al.* (2005), nous avons remarqué que l'association des 2 principales espèces ligneuses à *A. occidentale* procure une valeur ajoutée à la production du parc, car les feuilles, fruits et écorces sont aussi commercialisés. Dans le même sens que les travaux

de Ndiaye (2014), nos producteurs affichent un intérêt particulier pour *Parkia biglobosa* qui est une espèce protégée pour ses usages agricole, avicole et vétérinaire. En effet, en plus de son rôle dans la fertilisation du sol, certains producteurs utilisent ses feuilles dans l'alimentation des volailles et pour le traitement de la diarrhée. Par ailleurs la faible diversité des espèces associées s'explique par le fait que les producteurs ont des préférences lors du nettoyage de leurs champs. Seules les espèces protégées ou ayant une valeur anthropique sont épargnées. Des constats similaires ont été faits par Soto-pinto *et al* (2000). Pour ces auteurs, si les pratiques à l'intérieur du parc s'intensifient ou si le producteur ne privilégie que la croissance de certaines espèces en fonction de leur valeur économique, la biodiversité diminue. Ces pratiques observées ont surtout des conséquences sur la variabilité morphologique des arbres.

Variabilité morphologique des arbres de A. occidentale

Nous avons observé que la densité moyenne des individus de *A. occidentale* dans les parcs est de 79,04 individus.ha⁻¹ avec une surface terrière de 7,84 m².ha⁻¹. Cela est dû aux écartements entre les pieds de l'espèce à cause de la largeur du houppier à l'état adulte. C'est à dire que l'accroissement du diamètre de l'anacardier rend plus dense ces plantations d'anacardier, puisque celui-ci est fortement corrélé à celui du houppier (Ndiaye *et al.*, 2017). En effet dans nos parcs, la hauteur moyenne du houppier de 7,52±2,47 m démontre une production de biomasse en quantité importante, témoin d'une bonne activité de photosynthèse et par conséquent d'une bonne production. En désaccord avec nos travaux, Bediane et Sy (2005) ont montré que la densité optimale tant pour le développement du houppier que pour la couverture du sol est de 100 individus.ha⁻¹. La faible densité de nos parcs n'empêche pas néanmoins une bonne production.

Les résultats montrent que diamètre basal moyen est de 39,29±18,69 cm et la moyenne du diamètre à hauteur de poitrine est de 32,39±14,63 cm. Des travaux effectués par certains auteurs (Ndour *et al.*, 2022; Sali *et al.*, 2020 et Amani *et al.*, 2015) confortent nos résultats. Ainsi Ndour *et al.* (2022) ont montré que l'effectif décroît graduellement au fur et à mesure que la classe de diamètre augmente et l'écartement observé signifie plus d'espace inter-individus et donc plus de croissance en hauteur. Quant à Sali *et al.* (2020), ils ont trouvé au Cameroun des diamètres basaux qui oscillent entre 34±10 cm et 136±28 cm. Tandis que Amani *et al.* (2015) au Niger ont trouvé des diamètres à hauteur de poitrine qui oscillent entre 28±9 cm et 106±29 cm. Cette variation de données métriques s'explique d'une part par les états sanitaires, physiologiques et génétiques des semences utilisées, et d'autre part par la qualité des substrats utilisés et des soins sylvicoles (désherbage, démariage, arrosage) apportés aux plants. Cependant, Samb *et al.* (2018) ont émis des réserves par rapport à ces valeurs. Leurs travaux dans le bassin arachidier au

Sénégal ont montré que le diamètre à hauteur de poitrine des individus d'anacardier est de $23,7 \pm 10,71$ cm. Ils ont aussi trouvé en Casamance des diamètres à hauteur de poitrine de $19,5 \pm 7,42$ cm. C'est dire que la variabilité intra climatique influence le diamètre de l'anacardier, indépendamment des soins sylvicoles.

L'étude a montré que la hauteur moyenne de Lorey mesurée est de $6,68 \pm 2,08$ m. Nous observons une différence avec les travaux de Samb *et al.* (2018) au Sénégal qui ont obtenu des hauteurs moyennes de $5,9 \pm 1,49$ m dans le bassin arachidier et de $7,2 \pm 2,64$ m en Casamance. Ces différences observées s'expliquent par l'âge et le mode de gestion des plantations d'anacardier dans les zones d'étude. La taille des individus de l'espèce est donc influencée par les fortes densités qui entraînent une compétition intra et interspécifique (Jobidon, 1994; Wagner, 2000). Cela montre que la variation des paramètres morphologiques mesurés est fonction du type de sol, de la concurrence entre les individus, de l'entretien des plantations et des conditions climatiques du milieu. Cette variation crée parfois une dynamique susceptible de changer le fonctionnement des plantations d'anacardier.

Dynamique des plantations à A. occidentale

Les distributions en classes de diamètre de 5 cm d'amplitude, ajustées au modèle de distribution théorique de Weibull à 3 paramètres, présente une distribution en forme de cloche. Une structure en cloche avec une valeur c de 1.923 pour une population artificielle d'individus peut être révélatrice d'un faible potentiel de régénération dû aux pressions anthropiques ou aux conditions écologiques du milieu, mais peut aussi être liée aux conditions de vie des arbres en peuplement. Dans le cas d'un peuplement artificiel équienne, comme dans nos plantations, la structure en diamètre présente souvent une forme en cloche qui devrait s'ajuster à une distribution normale (Glélé Kakaï *et al.*, 2016). Des constats similaires ont été faits par Sehoubou *et al.* (2023) dans les parcs agroforestiers en zone nord soudanienne du Burkina Faso. Pour ces auteurs, l'abondance des jeunes individus assurent l'avenir de la formation naturelle puisqu'elle permet un renouvellement constant des individus adultes. Cependant le constat de la faible densité des individus adultes témoignerait de la volonté manifeste des producteurs de maintenir la densité des ligneux adultes à un niveau assez faible afin de réduire les effets de la compétition entre ces derniers et les cultures. En effet les sujets de diamètre compris entre 20 cm et 45 cm sont les plus nombreux à l'hectare. Ainsi la population d'anacardier est caractérisée par une faible régénération et, un bon aménagement de sa population est nécessaire pour améliorer son potentiel de régénération. Il est donc judicieux de s'alarmer sur le pouvoir de régénération de l'espèce, car c'est une essence de valeur commerciale. L'hypothèse selon laquelle le problème de régénération serait dû à l'inexistence d'une densité

optimale de gros sujets sexuellement matures est envisagée. Cette hypothèse est à vérifier dans nos prochaines études.

Conclusion

Cette étude a révélé l'importance et l'utilisation des services écosystémiques au sein des communautés locales vivantes autour de la forêt classée de Dindérésso. Il a été constaté que ces communautés locales accordent plus d'importance aux services d'approvisionnement fournis par la forêt et les arbres (alimentation, pharmacopées, bois d'énergie et fourrage) qu'aux services de régulation / support et culturels. Les valeurs d'usage et les fréquences de citation élevées de certaines espèces ligneuses montrent la nécessité de réduire la pression exercée sur les ressources ligneuses.

Les produits issus de l'anacardier sont bénéfiques aussi bien pour l'homme que pour les animaux. De plus les individus de l'espèce aident dans la protection des cultures contre les ravageurs. Outre les services qu'offre la plantation, l'association culturale permet d'enrichir le sol en nutriments profitables aux cultures mais aussi à l'espèce, ce qui augmente les rendements des cultures. Elle permet de valoriser l'espace, mais aussi de mieux entretenir la plantation.

L'étude des caractéristiques morphologiques nous a permis de comprendre que la variabilité des diamètres est liée à la zone d'étude, aux conditions climatiques du milieu, à l'entretien des cultures, mais aussi aux systèmes de cultures pratiqués.

Cependant, malgré les multiples avantages qu'offre cette espèce, elle est confrontée à diverses menaces qui d'une part limitent sa production et d'autres parts sont sources de dégradation.

Il s'avère indispensable et urgent de renforcer les mesures de protection de la FCD contre les coupes illicites de bois et les feux de végétation, et ceci en renforçant le système de gardiennage et de surveillance de la forêt. Les recherches d'accompagnement sont à poursuivre en vue d'identifier les maladies qui touchent la population d'anacardier.

Il est souhaitable de mener à bien des actions sylvicoles ciblées visant à ouvrir la canopée et le sous-bois pour améliorer les conditions de germination et de survie des semis de *A. occidentale*.

Enfin, pour tirer avantage de cet écosystème et compte tenu du microclimat particulier qui règne dans cette forêt, du fait de l'air ambiant et de l'ombrage naturel créé par les arbres entremêlés, des actions récréatives et d'ordre touristique sont ici fortement préconisées en particulier une réhabilitation des circuits de visite et la création des espaces de loisirs et de repos.

Remerciements

Nous remercions le Dr Moïse YONI, l'ingénieur Elie Yempabou YONLI, le conseiller technique forestier Mr Emmanuel BADO, la Direction Régionale des Hauts Bassins du Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement du Burkina Faso.

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. Abeyasinghe D. C., 2009. *Effects of intercropping of young cashew (Anacardium occidentale L.) on land productivity*. In: Recent Developments in Cashew Research. Attanayaka, D.P.S.T.G., and Jayasekera, S.J.B.A. (eds). Proceeding of the Cashew Research Workshop held on 20th November 2009 at the Faculty of Agriculture and Plantation Management of the Wayamba University of Sri Lanka, 23p.
2. Amanoudo M. J., Moussa I., Tokore J. S. B., Kindemin O. A., Wauters P. & Muenkner C., 2019. *Evaluation des effets des bonnes pratiques d'entretien et de gestion des plantations sur la productivité et la qualité des noix brutes de cajou dans le département du Borgou (Bénin)*. Actes de Colloques International d'Echanges Scientifiques sur l'Anacarde (CIESA), Bassam (Côte d'Ivoire) : 26-28 octobre, 46-53.
3. Amani A., Inoussa M. M., Guimbo I., Mahamane A., Saadou M. & Lykke A. M., 2015. Germination et croissance de quatre espèces de Combretaceae en pépinière. *Tropicultura*, 33 (2) : 135-145.
4. Bahiré F. X. W., 2016. *Etude diachronique des changements du couvert végétal dans les écosystèmes forestiers par télédétection spatiale et par suivi au sol «Cas de la forêt classée de Dindéresso» Burkina Faso*. Mémoire de fin de cycle, ENEF/Dindéresso, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 73p.
5. Bailey R. L. & Dell T. R., 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest science*, 19 (2): 97–104.
6. Balez A. & Reunkrilerk J., 2013. Écosystèmes et territoires urbains : impossible conciliation? *Développement durable et territoires*, 4 (2) : 1-18

7. Bama J.W., 2014. *Typologie des systèmes agroforestiers à manguier et anacardier dans le terroir de Kotoudeni (Kenedougou). Impact sur la production agricole*. Mémoire de Master. Gestion et Aménagement des écosystèmes forestiers. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso (UPB), 51 p.
8. Barro S. T., 2014. *Analyse de l'impact des cultures intercalaires sur la productivité du cajou (Anacardium occidentale L.) dans la province de la Sissili au Burkina Faso*. Master Agrinovia, Université JKZ-Ouagadougou/Burkina Faso, 88p.
9. Bediane S. & Sy P. B. A., 2005. *Manuel de sylviculture de l'anacardier*. Dakar, Sénégal, 30 p.
10. Bello O. D., 2014. *Effet des facteurs climatiques sur la productivité de l'anacardier au Bénin*. Mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies FSA/UAC Bénin, 86 p.
11. Cheikhoussef. A., Ashekele A. H., Shapi M. & Matengu K., 2011. Ethnobotanical study of indigeneous knowledge on medicinal plant use by traditional healers in Oshikoto region, Namibia, *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* : 7-10.
12. Daffé M., 2013. *Arbres remarquables de Casamance*. Edition de l'Office du tourisme de Casamance, 40p.
13. Dedehou E. S. C. A., Dossou J. & Soumanou M. M., 2015. Etude diagnostique des technologies de transformation de la pomme de cajou en jus au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (1) : 371-387.
14. Dembélé A. S., 2014. *Étude socio-économique des systèmes agroforestiers (SAF) à manguier et à anacardier dans le terroir de Kotoudéni (province du KénéDougou, Burkina Faso)*. Master en Sociologie et Economie Rurale Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 79p.
15. Friedman J., Yaniv Z., Dafni A. & Palewitch D., 1986. A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an ethno pharmacological field survey among Bedouins in the Negev Desert, Israel. *Journal of Ethno pharmacology*, 16: 275-287.
16. Glèlè Kakai R., Bonou W. & Lykke A. M., 2016. Approche méthodologique de construction et d'interprétation des structures en diamètre des arbres. *Annales des Sciences Agronomiques 20 - spécial Projet Undesert-UE*: 99-112
17. Houéhanou D.T., Assogbadjo A. K, Chadare F. J., Zanzo S. & Sinsin B., 2016. Approches méthodologiques synthétisées des études d'ethnobotanique quantitative en milieu tropical. *Annales des Sciences Agronomiques 20-Spécial Projet Undesert-UE* 187-205.

18. Hore J. K., Murmu D. K., Hattopadhyay N & Alam K., 2015. Evaluation of Cashew Germplasms in West Bengal. *Acta Hort.* 1080, 135-142. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1080.15.
19. INSD, 2016. *Annuaire statistique 2015*. Ministère de l'Economie, des Finances et du Développement, Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD), Burkina Faso, 397 p.
20. Jobidon R., 1994. Light threshold for optimal black spruce (*Picea mariana*) seedling growth and development underbrush competition. *Canadian Journal of Forest Research*, 24 : 1629-1635.
21. Kaboré C., 2011. *Plan d'aménagement de la forêt classée de Dindéresso (Province du Houet). Rapport final*. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 100 p.
22. Kambaye M., 2020. *Analyse socio-économique de la riziculture de mangrove et de la culture de l'anacarde dans trois villages balantes de Mansoa (région d'Oio, Guinée Bissau)*. Mémoire de Master, Université Assane Seck de Ziguinchor Sénégal, 56p.
23. Lankoandé B., Ouédraogo A., Boussim J. I. & Lykke A. M., 2016. Natural stands diversity and population structure of *Lophira lanceolata* T. ex K., a local oil tree species in Burkina Faso, West Africa. *Agroforestry Systems*, 90 (1): 1-12.
24. Loganathan M. & Vanitha K., 2016. Management of diseases in cashew. In: *integrated pest management in cashew, lectures notes 2016*. ICAR-Directorate of cashew Research puttur -574 202, *Dakshina Kannada Karnataka* : 21-23.
25. Lokonou B. E., 2008. *Structure et ethnobotanique de Dialium guineense Willd., Diospyros mespiliformis Hochst. ex A. Rich. et Mimusops andongensis Hiern. en populations dans le Noyau Central de la Forêt Classée de la Lama (Sud-Bénin)*. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/UAC, Bénin.
26. MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington, 155 p.
27. Nacoulma B. M. I., 2005. *Etude des espèces utilisées en médecine traditionnelle vétérinaire dans la zone de Nobéré (Burkina Faso)*. Mémoire de DEA LABEV/Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 65p.
28. Ndiaye S., Charahabil M. M., Ndiaye O. & Diatta M., 2017. Influence de la flore ligneuse associée dans la production des parcs à *Anacardium occidentale* L. dans la communauté rurale de Djibanar (Casamance/Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11 (2): 585-596.

29. Ndiaye S., 2014. *Caractérisation des plantations à base d'Anacardium occidentale L dans la communauté rurale de Djibanar*. Mémoire de Master, Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal), 58p.
30. Ndour K., Faye E., Toure M. A. & Senghor O., 2022. Caractérisation structurale, morphométrique et phénotypique de trois morphotypes d'anacardiens (*Anacardium occidentale L.*) dans le Bassin arachidier au Sénégal. *Afrique Science* 20 (2) : 30-48.
31. Opoku-Ameyaw K., Oppong F.K, Amoah F. M., Osei-Akoto S. & Watson E., 2011. Growth and early yield of cashew intercropped with food crops in Northern Ghana. *J. Tropical Agri.*, 49 (1-2) : 53-57.
32. Ouédraogo I., Sambare O., Traore L & Thiombiano A., 2020. Usages et vulnérabilité des espèces ligneuses préférées des populations riveraines de deux aires protégées à l'Est du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest. *Afrique Science* 17 (2) : 128-141.
33. Philip, M. S., 1994. *Measuring Trees and Forests*. 2nd Edition, Aberdeen University Press, Aberdeen, 311p.
34. Philips O., Gentry A. H., Reynel C., Wilkin P. & Galvez-Durang B. C., 1994. Quantitative ethnobotany and Amazonian conservation. *Conservation Biology* 8 (1) : 225-248.
35. Salami H. A., Chabi Sika Bakari K., Bello I. A., Djinadou A. K. A., Adjanohoun A. & Baba-Moussa L. 2020. *Evaluation des caractères agro-morphologiques des accessions d'anacardiens cultivées au Bénin*. Fiche technique. Dépôt légal : N° 12102 du 23/03/2020, 1^{er} trimestre, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin; ISBN : 978-99982-0-356-3, 21p.
36. Samb C. O., Touré M. A., Faye E., Ba H. S., Diallo A. M., Bediane S. & Sanogo D., 2018. Caractéristiques sociodémographique, structural et agronomique des plantations d'anacardier du Bassin arachidier et de la Casamance/Sénégal. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 38 (3): 6307-6325.
37. Sali B., Madou C., Nome A & Kuate J., 2020. Caractérisation socio-économique des grands bassins de productions d'anacardiens (*Anacardium occidentale*) et étude comportementale de leur peuplement dans le Cameroun septentrional. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 14 (6) : 2094-2111.
38. Sehoubou Y. J., Meda M., Kabre W. O., Yelemou B. & Hien M., 2023. Caractérisation et structure de la végétation ligneuse des parcs agroforestiers en zone nord soudanienne au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 17 (2): 325-348.
39. Sirami C., Theau J.-P., Ryschawy J. J., 2016. *Services écosystémiques dans les agroécosystèmes : Définition*. Dictionnaire d'agroécologie. INRAE

40. Snoeck D., Lacote R., Keli Z. J., Doumbia A., Chapus T., Jagoret P. & Gohet E., 2013. Association of hevea with other tree crops can be more profitable than hevea monocrop during first 12 years. *Industrial Crops and Products* 43 : 578-586.
41. Somé L. F. M. C., 2014. *Analyse socio-économique des systèmes de production d'anacarde au Burkina Faso: cas des régions des Cascades et des Hauts-Bassins*. Mémoire ingénieur du Développement Rural, Option Sociologie et Economie Rurale. IDR/UPB Bobo-Dioulasso, Burkina Faso 66p.
42. Sompougou A., 2004. *Contribution à l'élaboration d'un schéma d'aménagement de la forêt classée du Kou : proposition et recommandation*. Mémoire de fin de cycle, ENEF/Dindéresso, Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 70p.
43. Soto-Pinto L., Perfecto I., Castillo H. J. & Caballero N. J., 2000. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. *Ag. Ecosystem. & Env.*, 80 : 91 -69.
44. Tandjiekpon M. A., 2005. *Caractérisation du système agroforestier à base de l'anacardier (Anacardium occidentale L.) en zone de savane au Bénin*. Mémoire de DEA, FSA/UAC, Bénin, 122p.
45. Thiombiano A., Glèlè Kakai R., Bayen P., Boussim J. I. & Mahamane A., 2016. Méthodes et dispositifs d'inventaires forestiers en Afrique de l'Ouest : état des lieux et propositions pour une harmonisation. *Annales des Sciences Agronomiques 20 - spécial Projet Undesert-UE* : 15- 31.
46. Tsoumou B. R., Lumandé K. J., Kampé J. P. & Nzila J. D., 2016. Estimation de la quantité de Carbone séquestré par la Forêt Modèle de Dimonika (Sud-Ouest de la République du Congo). *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo* 6 : 39-45.
47. Ugulu I., 2012. Fidelity level and knowledge of medicinal plants used to make therapeutic Turkish baths. *Studies on Ethno-Medicine* 6 (1) : 1-9.
48. Wagner R. G., 2000. Competition and critical period thresholds for vegetation management decisions in young conifer stands. *The Forestry Chronicle* 76 : 961-968.
49. Wala K., Sinsin B., Guelly K. A., Kokou K & Akpagana K., 2005. Typologie et structure des parcs agro-forestiers dans la préfecture de Doufelgou (Togo). *Sécheresse*, 16 (3) : 209-216.
50. Yaméogo J. T., Ouattara R. Y. S., Tankoano B., Hien M. et Ouoba P., 2020. Flore, structure et état sanitaire des peuplements ligneux des parcs agroforestiers des forêts de Dindéresso et de Kuinima à l'ouest du Burkina Faso. *European Scientific Journal, ESJ*, 16 (40) : 48-70.

51. Yonli Y. E., 2023. *Evaluation des services écosystémiques des parcs agroforestiers à Anacardium occidentale dans la région des Hauts-Bassins au Burkina Faso*. Mémoire d'ingénieur des sciences de l'environnement et du développement rural, option Eaux, Forêts et Environnement. Université de Dédougou, 69p.
52. Zonou, B. 2008. *Interactions entre problématiques foncières et identités socio-territoriales dans l'Ouest du Burkina Faso*. Thèse de doctorat Géographie, Spécialités Etudes Rurales, Mention Développement Rural. Université Toulouse 2, France 352 p.

Vecu de l'Enfant Camerounais Expose a la Violence Conjugale au Cameroun

Henriette Kepmegni, M.

I-Reach lab, département de psychologie du développement et du mal-développement, Département de psychologie,
Université de Yaoundé 1, Cameroun

Leonard Nguimfack, PhD

Laboratoire de psychologie du développement et du mal-développement,
Département de psychologie, Université de Yaoundé 1, Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p235](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p235)

Submitted: 04 July 2023

Accepted: 24 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Kepmegni H. & Nguimfack L. (2023). *Vecu de l'Enfant Camerounais Expose a la Violence Conjugale au Cameroun*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 235.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p235>

Résumé

Au Cameroun, la violence conjugale est une réalité vécue par de nombreuses femmes au sein de leur foyer. Cette violence se déroule en présence des enfants qui sont témoins des coups, des injures et autres remarques désobligeantes et agressives entre parents. C'est dans ce sens que cet article s'intéresse au vécu des enfants exposés à la violence conjugale en contexte camerounais. Les données ont été collectées auprès de deux enfants exposés régulièrement exposés à la violence conjugale. Nous avons fait recours à l'analyse phénoménologique interprétative comme méthode de recherche. Ces données ont fait l'objet d'une analyse thématique de contenu. Les résultats obtenus révèlent que chez l'enfant camerounais exposé à la violence conjugale, le vécu est marqué par le sentiment de déprivation de la mère lorsque blessée, cette dernière doit être internée dans une structure sanitaire afin de suivre des soins. Ce qui génère de nombreuses inquiétudes chez lui. Ces enfants, face à la violence entre leurs parents, ont développé des émotions négatives telles que la peur, la tristesse, l'horreur et la honte vis-à-vis du comportement de leurs parents. Ces émotions les fragilisent et génèrent en eux une détresse psychologique qui va entraîner la dévalorisation de soi, l'altération du sentiment de sécurité et la perte d'estime de soi. Ce qui rend

compte de l'altération de la représentation de soi. Cet article implique de développer et de mettre en pratique des appuis trouvés dans l'environnement de l'enfant exposé à la violence conjugale, pour engager un processus de résilience.

Mots-clés: Vécu, violence conjugale, enfant, Camerounais

Life of the Cameroonian Child Exposed to Domestic Violence in Cameroon

Henriette Kepmegni, M.

I-Reach lab, département de psychologie du développement et du mal-développement, Département de psychologie,
Université de Yaoundé 1, Cameroun

Leonard Nguimfack, PhD

Laboratoire de psychologie du développement et du mal-développement,
Département de psychologie, Université de Yaoundé 1, Cameroun

Abstract

In Cameroon, many women experience domestic violence in the home. This violence takes place in the presence of children, who witness blows, insults, and other disparaging and aggressive remarks between parents. It is with this in mind that this article looks at the experiences of children exposed to domestic violence in Cameroon. The data were collected from two children regularly exposed to domestic violence. We used interpretative phenomenological analysis as our research method. The data were subjected to thematic content analysis. The results obtained reveal that the experience of a Cameroonian child exposed to domestic violence is marked by the mother's feeling of deprivation when she is injured and has to be taken to a health facility for treatment. This causes the child a great deal of worry. Faced with violence between their parents, these children develop negative emotions such as fear, sadness, horror, and shame about their parents' behavior. These emotions weaken them and cause psychological distress, leading to a loss of self-esteem and a diminished sense of security. This in turn leads to an altered sense of self. This article involves developing and putting into practice supports found in the environment of the child exposed to domestic violence, to initiate a process of resilience.

Keywords: Lived, Marital violence, Child, Cameroonian

Introduction

La violence conjugale est une violence perpétrée par un partenaire intime, qui peut inclure le harcèlement, les abus sexuels et physiques, et la violence émotionnelle (Huecker et al., 2022). Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (2017), elle est un problème social majeur et présente une source de stress et de traumatisme pour de nombreuses femmes qui en sont victimes et leurs enfants qui sont exposés (Anderson & Van Ee, 2018). Aucun pays au monde n'est épargné par la violence conjugale.

Les estimations au niveau mondiale indiquent qu'environ un tiers (30%) des femmes de 15ans et plus ont subi au cours de leur vie des violences physiques et / ou sexuelles de la part d'un partenaire intime ou par une autre personne (Organisation Mondiale de la Santé, 2013). De plus, il est estimé qu'environ 40 à 70 % des femmes subissent des violences conjugales dans le monde entier ou sont tuées par leur partenaire intime (Semahegn & Mengistie, 2015). En Afrique, 19 000 femmes ont été tuées par un partenaire intime ou un autre membre de la famille (United Nations Office on Drugs and Crime, 2019). En Afrique sub-saharienne, les taux de prévalence de la violence conjugale sont les plus élevés au monde, avec une moyenne d'environ 36 % (McCloskey et al., 2016). Au Cameroun, les statistiques issues des enquêtes démographiques et de santé menées par l'Institut National de la Statistique (INS) relèvent que ce taux de prévalence est passé de 47 % en 2004 et 53 % en 2015 (INS, 2015).

En Afrique, la violence conjugale est généralement perçue par les hommes comme un moyen de résolution des conflits et d'éducation de la partenaire (Tsala Tsala, 2009). Ainsi ce dernier, explique que les époux légitiment la violence conjugale en arguant de leur droit de propriété : « c'est ma femme c'est tout », « elle me manque du respect », en parlant d'un moyen d'affirmation de leur identité masculine « c'est ce qu'elle aime chez moi » ou en justifiant comme une réponse à une provocation de la victime : « elle me provoque jusqu'à ce que je la frappe » (p. 175). La tolérance vis-à-vis de la violence conjugale est aussi présente chez les femmes surtout chez les femmes rurales moins instruites qui acceptent davantage qu'un partenaire batte sa compagne pour la corriger (Tsala Tsala op cit) ; McCloskey et al., 2016). Au Cameroun, les résultats de INS (Institut national de la statistique) indiquent que 30% des hommes considèrent qu'il est justifié qu'un époux batte son épouse/ sa compagne si elle a laissé brûler la nourriture, discute avec son mari, sort sans sa permission, néglige les enfants ou refuse d'avoir des rapports sexuels.

La problématique de la violence conjugale pourrait avoir une grande signification particulièrement dans le contexte culturel où les droits de la femme ne sont pas souvent respectés. Par conséquent, la violence est acceptée et soutenue par les normes culturelles et sociales. La société camerounaise est de type patriarcal (Tsala Tsala op cit). La femme est la cadette du mari et elle

lui doit obéissance. Une autre explication de la présence de la violence conjugale est la précarité (Tsala Tsala op cit). Car les femmes se disent que trouver un mari n'est pas facile. C'est ainsi qu'elles se sentent obligées de rester avec celui qu'elles ont trouvé, même au prix de leur vie. Au Cameroun, dans plusieurs ethnies, les rapports conjugaux sont empreints d'une domination masculine et d'un manque d'intimité. Chez les Mkako de l'Est du Cameroun, une femme doit être soumise à son mari qui se réserve le droit de la battre s'il est mécontent. Elle ne doit jamais dominer son mari et surtout pas au point de vue de la force physique ; Chez les Bamiléké et les Bété, la femme doit être soumise à son mari qui est considéré comme le chef du ménage (Kamdem, 2006).

De plus, certaines chansons populaires sont très souvent des hymnes à la violence. Chez les bétés, au Centre-Sud du Cameroun par exemple, on fait dire aux femmes cet hymne à la violence « *j'aime quand mon mari me bat, là je sens que mon lion a encore toutes ses forces* ». De plus, le rythme musical bikutsi au Cameroun constitue des vecteurs de chosification de la femme. Certaines études confirment qu'une dote élevée fragilise la stabilité conjugale et augmente la possibilité de violence conjugale (Aderson, 2007 ; Keugoung et al., 2013). Les hommes, après avoir payé la dot, tendent à considérer la femme comme leur propriété ou encore comme un bien acheté à un prix exorbitant dont son entourage et lui peuvent disposer à leur guise (Tsala Tsala, 2009). Au Cameroun, les normes et les valeurs sont préservées et se propagent de génération en génération à travers différentes formes d'oralité (légendes, proverbes, chants, mythe et rituels). De telles pratiques expliqueraient l'augmentation statistique significative du taux de tolérance conjugale dans certains pays (Fine et al., 2019). Par ailleurs, les femmes violentées se plaignent dans leur famille d'origine ou dans celle du mari. La solidarité qui unit les familles veut que le problème d'un de ses membres devienne celui de tous. L'intervention de la famille du partenaire aura pour but d'éviter la dissolution du couple en difficulté car la famille a un rôle conservateur (Nguimfack et al., 2010).

Les actes de violences sont souvent perpétrés en présence des enfants. Dans la famille africaine traditionnelle, l'enfant est une richesse. La famille doit protéger l'enfant et assurer son bien-être. L'enfant écoute et obéit à ses parents, et aux autres membres de la famille. Les enfants se développent à partir de ce que les adultes leur transmettent (Fortin, 2009). Pour grandir, l'enfant s'étaye sur les figures d'attachement, qui sont des modèles identificatoires, que représentent prioritairement les parents. Ils lui donnent les conditions nécessaires pour se développer sur le plan physique, affectif, intellectuel et social (Archer & Burnell, 2008). L'enfant construit des valeurs normatives personnelles qui lui serviront de référence pour assumer sa responsabilité dans le monde et pour agir comme sujet, grâce à cette relation

précoce aux parents (Serrano, 2002). Le père représente la loi et constitue le deuxième mécanisme d'identification à l'autorité. La mère a pour rôle de mettre l'enfant au monde et à être disponible pour l'aimer, le nourrir, l'éduquer. A travers la parentalité, la famille permet l'ensemble des dispositions affectives et psychiques des parents pour accompagner au mieux l'enfant (Andolfi, 2002).

Malheureusement, la violence dans les relations au sein du couple conjugale peut fragiliser ce contexte familial. En fonction de l'âge, on note des conséquences remarquables de l'exposition des enfants à la violence conjugale. Il semble que cette situation entrave leur bien-être physique et psychique. Sur le plan psychologique par exemple, l'exposition à la violence conjugale entrave le développement socioaffectif et le développement cognitif de l'enfant. De ce fait, le vocable enfants exposés à la violence conjugale, permet non seulement de pouvoir nommer ces enfants qui se développent au sein des couples violents, mais aussi une manière de les reconnaître, d'admettre leur souffrance et de leur donner une visibilité (Lessard et al., 2019).

L'Organisation des Nations Unies (ONU) estime que dans le monde, 133 à 275 millions d'enfants sont exposés à la violence conjugale (Bureau Fédéral de l'Égalité entre les hommes et les femmes, 2020). Au Cameroun, le nombre d'enfants concernés par l'exposition à la violence conjugale est peu connu, aucune étude ne permet de déterminer avec précision combien d'enfants sont exposés à la violence conjugale au quotidien. Au sens de Cunnigham et Baker (2007), ces enfants voient, entendent ou se font raconter les actes de violence conjugale et de contrôle coercitif envers un parent ou en voient les conséquences.

De ce fait, l'exposition à la violence va contribuer à mettre l'enfant en difficulté, elle va conduire à créer chez ce dernier un sentiment de terreur, le mettre face à des modes inadaptés de relations interpersonnelles ou l'isoler de par le caractère inavouable et honteux de ce qu'il vit et subit (Paul, 2015). L'enfant ne pourra pas rester extérieur à ce qui se joue au sein du couple, il sera partie prenante de cette violence malgré lui. Vasselier-Novelli et Hein (2006) ont mis en exergue la possibilité pour l'enfant exposé, depuis une longue durée de soutenir le parent qu'il estime être le plus faible. Les enfants exposés à la violence conjugale sont aujourd'hui considérés comme des victimes, des êtres en souffrance, des personnes en danger ; c'est également l'un des facteurs de risque le plus important de développer des pathologies psychiques et somatiques multiples à l'âge adulte (Knop & Heim, 2019). Hanhart et Hauri (2009) soulignaient déjà l'intérêt de les considérer comme des victimes domestiques et devant faire, par conséquence, l'objet d'une prise en charge adéquate.

Malgré que ces chercheurs (Paul, 2015 ; Knop & Heim, 2019) aient démontré que l'exposition à la violence conjugale a de nombreuses conséquences sur les enfants, en contexte camerounais où la violence conjugale est banalisée, voir normalisée dans bien de cas, les conséquences de la violence conjugale sur les enfants sont encore sous-estimées comme le souligne Anker et al. (2015). Dans ce contexte, les conséquences de cette violence ne sont pas prises en considération, car certaines personnes considèrent que cette violence n'affecte pas les enfants qui en sont exposés. Dans ce contexte où l'enfant se trouve dans un environnement où il vit la violence et la subit, il est vu comme un être qui n'a pas son mot à dire dans les histoires des grandes personnes. Pourtant, l'enfant peut intégrer dans ce système tous les actes de violence perpétrés par les parents. Dès lors, le vécu de l'enfant confronté à cette situation n'est pas pris en compte et ce même dans les structures d'accompagnement et de prise en charge des femmes victimes de violences conjugales.

Différents auteurs (Cyr et al., 2013) se sont penchés sur le vécu des enfants exposés à la violence conjugale. La notion de vécu fait référence au ressenti du sujet, à sa propre expérience, au sens qu'il donne à sa situation, à ses croyances, à ses pensées. Ces enfants vivent des traumatismes complexes, incluant les troubles de l'attachement, des difficultés de gestion des émotions, des troubles de dissociation et de concept de soi. Ces enfants sont aussi plus susceptibles de développer des troubles de comportement, d'anxiété, de dépression, d'agressivité et de communication. Eisikovits et al. (1998) et Peled (1997), dans leurs revues des écrits, conceptualisent les expériences des enfants vivant dans une famille où il y a de la violence conjugale. Ils identifient quatre concepts qui représentent les difficultés majeures communes soulignées par l'exposition à la violence conjugale. A savoir, le fait pour l'enfant de vivre avec le secret, de vivre dans un conflit de loyauté, de vivre dans la terreur et la peur, enfin de vivre dans un contexte agressif et orienté vers la dominance. Toutes ces études ne se sont pas attardées au sens qu'attribuent les sujets à leur expérience. Ainsi, le questionnement holistique de l'expérience d'être enfant vivant en contexte de violence conjugale, en tant que réalité existentielle en soi, semble peu visité.

En réalité sur le terrain nous avons observé des enfants qui évoluent dans un contexte d'exposition à la violence conjugale. Grace aux entretiens, nous avons constaté que certains parmi eux, étaient agressifs verbalement, présentant des signes de dégoût de la vie, une incapacité d'efforts soutenus et surtout une capacité d'adaptation insuffisante (difficultés à s'insérer auprès de leur pair). Nous avons aussi observé chez d'autres enfants, les troubles affectifs et comportementaux (dépression, anxiété, repli sur soi, refus d'aller à l'école, agressivité, reproduction de la violence). Certains auteurs (Tursz, 2010) pensent aussi qu'un enfant, exposé à un milieu familial nocif, risque

fortement de développer de graves troubles qui sans interventions, se répercuteront sur toute sa vie.

A partir de l'approche phénoménologique, nous nous intéresserons à la façon dont l'enfant camerounais exposé à la violence conjugale, trouve des mots pour se raconter eux-mêmes et raconter leur vécu. Ou encore, la façon dont il se raconte et met ainsi en lumière leur expérience.

C'est dans cette logique que cet article interroge le vécu de l'enfant camerounais exposé à la violence conjugale, afin de comprendre comment cette situation l'affecte dans un contexte où la violence est constante, banalisée voir normalisée par beaucoup d'hommes et par certaines femmes qui la considèrent comme un droit immuable aux hommes.

Méthode et procédure

Comme méthode de l'étude, nous avons fait usage de l'analyse phénoménologique interprétative qui permet d'explorer l'expérience des participants, le sens qu'ils donnent à leur expérience et les mécanismes psychologiques sous-jacents.

L'étude porte sur deux enfants exposés à la violence conjugale. Ces enfants étaient volontaires de participer à l'étude. Le nom de chaque enfant a été changé de façon à respecter l'anonymat. Nous avons choisi de nous intéresser aux enfants de 10 ans vivant en contexte de violence conjugale. Le choix de cette tranche d'âge révèle un intérêt pour la période d'âge scolaire qui reste peu prise en compte dans les études (Zaouche, 2016). L'enfant est capable de de pouvoir s'exprimer librement

Cette étude s'est déroulée au sein de l'Association de luttes contre les violences faites aux femmes (ALVF) au Cameroun. Nous avons travaillé avec des agents communautaires de l'ALVF pour entrer en contact avec les enfants. Nous avons élaboré des critères de sélection des enfants. Pour participer à cette étude, il fallait être un enfant résident au Cameroun, être exposé à la violence conjugale; s'exprimer en français. Nous avons utilisé l'entretien semi directif comme technique de collecte de données et le guide d'entretien comme outil de collecte des données.

Les entretiens ont duré 45 minutes pour chaque enfant. Après le consentement de son représentant légal et son propre consentement, tous les entretiens ont été enregistrés à l'aide d'un dictaphone. Ces enregistrements seront conservés pendant toute la période de l'étude, et seront effacés une fois cette période écoulée.

La technique d'analyse de contenu a été utilisée pour les résultats. Conscient du fait que les recherches en science humaines et sociales portent sur des sujets humains, il peut avoir des incidences sur la vie, les droits et la dignité des participants. Nous nous sommes rassurés de la préservation de cette dignité humaine en respectant les principes éthiques. Nous avons tenu à

ce que les participants aient toutes les informations nécessaires en ce qui concerne les buts poursuivis et l'utilisation des résultats de la recherche. Enfin, avec l'accord des parents, une fiche de consentement libre et éclairé à participer à la recherche et à l'enregistrement des entretiens a été signée par chaque participant et chacun était libre de se retirer de la recherche à tout moment.

Résultats

Présentation des cas

✓ *Lélé*

Lélé est un jeune garçon âgé de 10 ans et élève en classe de cinquième au moment où cette étude est réalisée. Il est le deuxième d'une fratrie de 5 enfants. Nous l'avons rencontré à l'ALVF, antenne de Douala. La recherche dans le dossier administratif de sa mère ne mentionne pas son âge au moment de la première exposition. Mais les entretiens avec lui révèlent que c'est à l'âge de 5 ans qu'il a vu pour la première fois ses parents se disputer et par la suite, son père violenter sa mère, car ce dernier envisageait de prendre une deuxième femme. Sa mère a déjà quitté le domicile conjugal à deux reprises. Depuis lors, ses parents ont eu à se séparer plusieurs fois mais ils finissent toujours par se réconcilier.

✓ *Adjara*

Adjara est une jeune fille âgée de 10 ans et élève en classe de sixième au moment où cette étude a été réalisée. Elle est la cinquième née d'une fratrie de huit enfants. Nous l'avons rencontrée à l'ALVF, antenne de Douala. C'est à l'âge de 5 ans qu'elle a vu, pour la première fois, des scènes de violences entre ses parents. Il arrive souvent que selon Adjara, que sa mère déserte le domicile conjugal pour échapper à la violence de son époux. Les entretiens avec elle ont révélé que la situation qu'elle vit à la maison la marque et l'affecte de manière considérable sur le plan psychique.

Analyse des données des entretiens

Les résultats obtenus à la suite de l'analyse des entretiens effectués avec les enfants seront organisés autour de cinq registres : affectifs, cognitif, comportemental, social et sur le plan somatique.

Le registre affectif

En ce qui concerne le registre des affects, la confrontation à la violence conjugale génère des ressentis tels que le sentiment de déprivation de la mère, le sentiment de honte, la tristesse (la peur) et l'horreur.

- Le sentiment de déprivation de la mère

Suite à la scène de violence, le départ de la mère du foyer est vécu par l'enfant comme une expérience au cours de laquelle on lui arrache sa mère sans qu'il n'ait la possibilité de faire quoi que ce soit pour empêcher cette éventualité. Cette situation est source d'inquiétude et d'insécurité pour l'enfant qui se retrouve privé d'une base de sécurité. Du discours de Lélé, cela se note lorsqu'il dit :

« Le lendemain de ce jour, ma mère nous a dit qu'elle allait passer quelques jours chez sa mère [...] Nous étions un peu inquiets qu'elle ne rentre plus et mes frères répétaient cela. Mon père pendant ces jours où ma mère n'était pas là s'est occupé de nous normalement, il nous accompagnait à l'école, faisait à manger, bref la majorité de choses que ma mère faisait, il essayait de nous rassurer comme il pouvait. C'était agréable mais maman me manquait ».

- Le sentiment de honte

Chez les participants de cette étude, la détresse psychologique se manifeste par de nombreux sentiments et émotions négatives. Parmi lesquelles la honte. Ces enfants expriment une honte vis-à-vis du comportement de leurs parents. Adjara l'évoque en ces termes :

J'ai honte parce que mon père tape sur ma mère. Je conçois la violence comme quelque chose de dangereux. C'est honteux [...], ça nous dérange la violence là... mais eux (mes parents), c'est comme s'ils aiment ça...au quartier, quand les problèmes commencent chez nous, mes voisins disent Adjara Chow. Ça m'énerve. Parfois j'ai honte de cela ».

À ce sujet, Lélé relate :

Au début, oui, j'avais honte et quand ça se produisait, je me sentais tout petit, abandonné même par eux. J'avais honte de les voir faire ainsi, j'étais triste, bref c'était difficile pour moi à vivre [...], j'avais honte au début que mes parents se disputent et que mon père tape sur ma mère. J'avais honte que les gens se moquent de moi. Je ressentais de la tristesse pour maman avec les bandes qu'elle avait sur le visage. Quand un camarade, je me souviens, m'avait demandé, qu'est ce qui a blessé ta mère comme ça ; je ne savais pas ce que je devais dire. J'ai simplement répondu « je ne sais pas ... » et ce dernier a souri et m'a répondu, tu ne sais pas comment ? Puis je me rappelle être parti en courant cette fois.

- L'horreur et la tristesse (la peur)

Le vécu des enfants confrontés à la violence conjugale est aussi meublé par des émotions désagréables telles que la peur, la tristesse, l'horreur. Ces émotions vont être associées aux pleurs. Suite à la violence exercée par le père, la mère s'est retrouvée dans un état assez critique. De la prise de conscience

du danger encourue par cette dernière et de la possibilité que ses enfants se retrouvent sans mère, la peur est née chez eux. Il s'agit de la peur de perdre la mère et de se retrouver orphelin du fait de la violence. Lélé fait part de cette émotion de la manière suivante :

[...] Mon père criait, si tu veux, meurt et j'avais très peur qu'elle meurt vraiment. Après cela, elle a été transportée à l'hôpital par mes oncles. Ces derniers nous ont rassuré qu'elle va se réveiller. Et le lendemain, ma mère est rentrée à la maison comme mes oncles l'avaient dit [...] Mais ma mère saignait partout sur le visage et voyant cela, (le visage de l'enfant s'est crispé), nous avons eu peur très peur, surtout que ma mère meurt. Mais après cela tout est rentré dans l'ordre [...] C'était plus calme, ma mère de son retour de l'hôpital nous a donné à manger. C'était rassurant de la voir travailler ... mais les bandes sur son visage nous rappelaient ce qui s'était passé, moi je dis que c'était horrible ».

Toujours dans le registre des affects, le vécu des participants est meublé de tristesse. En effet, cet état affectif calme et prolongé, accompagné par des sensations désagréables était pour les enfants un élément de leur quotidien. Adjara relate lorsqu'elle dit : « *La tristesse, la peur que mes parents se séparent [...] Si je dis que je n'étais pas triste, je mens énormément...souvent, je préfère m'isoler des gens, je préfère rester seule. Je pense beaucoup, je me sens souvent triste... je suis anxieuse, et j'ai peur que mes parents se séparent... ».*

- Les pleurs

Les pleurs constituent pour les enfants un moyen privilégié pour exprimer leur vulnérabilité et leur souffrance. Lélé raconte :

« Au début je pleurais en classe ou dans ma chambre, je pensais tellement à cela que j'avais de mauvaises notes en classe [...] C'est vrai que je me suis senti triste, très triste, j'ai pleuré beaucoup, (un peu évasif) et un peu abandonné par les deux parents. [...] Moi, j'étais très triste mon grand frère aussi, mais je pense que mes petits frères eux, ils ne comprenaient rien à tout cela et c'était mieux ainsi... [...] Au début ça m'a beaucoup affecté, je pleurais seul, je me sentais abandonné. Oui surtout au début, j'avais très mal à la tête, je pleurais quand je les voyais se disputer ou se battre car c'était vraiment violent [...].

Le registre comportemental

En ce qui concerne le registre comportemental, la confrontation à la violence conjugale génère chez les participants, le repli sur soi, les comportements agressifs.

- Le repli sur soi

Le vécu de ces enfants est également marqué par l'isolement. Les participants vont adopter des conduites qui tendent à les isoler des autres ou des conduites dangereuses. Ils se replient sur eux et se ferment progressivement aux relations et interactions avec les autres personnes, y compris leurs pairs. C'est ce qui ressort des propos de Lélé lorsqu'il dit : « *au début, je m'isolais beaucoup, je ne voulais pas parler aux gens (ma famille, voisinage...) [...] quand mes parents bagarrent je m'isole...* ».

En ce qui concerne Adjara, elle fait une sorte de comparaison entre son vécu à l'école actuel et celui qu'elle avait à l'école primaire. Elle raconte « *[...] je n'aime pas me froter aux autres personnes [...] je ne vais pas à la récréation, je me sens plus en paix ainsi* »

- Agressivité

Parfois certains des participants répondaient par des gestes violents aux provocations de leur camarade. C'est le cas de Lélé qui raconte : « *parfois, il m'arrivait d'être agressif envers mes camarades qui venaient me déranger ou qui se moquaient de moi* ».

Le registre cognitif

Le retentissement de la violence conjugale sur l'enfant va s'étendre sur toute la vie de ce dernier. En effet, toutes les sphères de la vie de l'enfant seront affectées et l'une des principales est la vie scolaire. Lélé raconte : « *je pensais tellement à cela que j'avais de mauvais, de mauvaises, de mauvaises notes en classe* ». Adjara relate : « *A l'école primaire, l'école pour moi était un calvaire. Je n'aimais pas partir. J'oubliais trop et ma maitresse disait que je n'apprends pas. Je pense que personne ne comprenait ce que je vivais. Un enfant, voire son père battre sur mère...Je peux même dire que je ne comprenais rien* ». Lélé raconte aussi :

« *J'étais perdu et mes notes à l'école n'étaient pas bonnes [...] il m'arrivait de très mal, mal travailler en classe, d'avoir de très mauvaises notes ... ça m'a dérangé ainsi de l'école primaire jusqu'en classe de sixième* ».

Le registre social

En ce qui concerne le registre social, les participants se décrivent comme des enfants qui ne communiquent pas et n'interagissent pas assez avec leur camarade de classe. L'exposition à la violence conjugale, a eu un effet important sur leur vie sociale.

Adjara raconte : « *Je restais seule car je pensais que c'était mieux de le faire... je n'ai pas d'ami ; tout le monde m'énerve* ».

Lélé dit : « *j'avais honte de jouer avec mes camarade car j'avais peur qu'il découvre que mon père violente ma mère ; je m'isolais beaucoup, je ne voulais pas parler aux gens (de ma famille, aux voisins etc.)* ».

Le registre somatique

Sur le plan somatique, les participants ont parlé des atteintes physiques telles que la fatigue et l'insomnie.

- Fatigue et insomnie

Lélé raconte : *« j'avais parfois des difficultés à trouver le sommeil après une dispute entre mes parents, et parfois je sursautais dans le sommeil au petit bruit que j'entendais croyant que mes parents sont déjà en train de se battre ; j'étais fatigué à l'école beaucoup car je dormais peu ».*

Adjara relate que : *« le sommeil était difficile à trouver. Je faisais même des cauchemars qu'on me poursuit dans les rêves ou je vois mon père battre sur ma mère ou sur moi-même, et parfois, j'avais très mal à la tête, je me sentais fatiguée tout le temps ».*

La confrontation à la violence conjugale engendre une expérience subjective de la situation chez l'enfant qui en est exposé. Ce vécu comprend les affects, les cognitions, la fatigue, l'insomnie, la relation au monde et à soi-même.

Discussion

Cette recherche tente de montrer les signes susceptibles de révéler la présence des troubles liés au vécu de l'enfant exposé à la violence conjugale. La discussion nous servira à mettre en relation nos résultats avec les éléments que nous avons relevés à la problématique afin d'atteindre notre objectif.

Nos résultats relèvent que les enfants exposés à la violence conjugale, présente un vécu qui affecte leur santé. Ce résultats corroborent ceux de Bekaert et al (2012) qui montrent que la violence conjugale, est reconnue pour avoir des impacts sur la santé mentale des enfants. Il y a lieu de constater que les résultats de la présente étude se situent dans un contexte socio-culturel où la violence conjugale est encore marquée par des considérations culturelles, parfois moins critiquée dans la population (Tsala Tsala, 2009).

Les travaux de Savard et Gaudron (2010) ; Paradis (2012) vont également dans le même sens que les résultats de la présente étude qui montrent que, l'exposition des enfants à la violence conjugale les met également à risque de vivre davantage des difficultés au niveau du fonctionnement social et académique (des difficultés d'apprentissage ou de concentration) ainsi des problèmes de comportement tels que l'agressivité envers les pairs.

Nous pouvons dire que nos résultats vont également, dans le même sens que ceux de Chiland et Young (1997) qui montrent que la fatigue et l'insomnie sont des conséquences importantes vécues par des enfants exposés à la violence conjugale, et très souvent l'anxiété se traduit par des cauchemars et des agitations nocturnes. Il en est de même pour les travaux de Lieberman et Van Horn (1998) qui indiquent que l'anxiété engendrée par la violence entre

les parents va inévitablement entraver le fonctionnement psychologique de l'enfant et amener celui-ci à se réfugier dans un mode de relation indépendante. Dans ce sens, Kindler (2013) fait le constat selon lequel 40% des enfants exposés à la violence conjugale ont un retard de développement grave ou des difficultés scolaires significatives.

Par ailleurs, l'étude de Kernic et al. (2003) a démontré que les enfants exposés à la violence conjugale avaient plus de problèmes de comportement et des compétences sociales moins bonnes que les enfants qui n'ont pas été exposés à la violence conjugale.

La représentation de la famille comprend le couple parental et les enfants ; ces derniers expriment de ce fait le besoin de repères parentaux exclusifs. Le vécu de la violence conjugale, impact la santé mentale d'Adjara et Lélé sur différents registres.

Conclusion

La violence conjugale est une situation potentiellement pathogène, en raison de ses conséquences sur la santé psychologique et physique de ceux qui y sont exposés. Elle aurait une grande signification au Cameroun où les droits de la femme ne sont pas souvent respectés et la violence acceptée et soutenue par des normes culturelles et sociales. Cette violence provoque des conséquences chez les enfants sur différents registres : affectif, cognitif, comportementale, relationnel et somatique. Malheureusement, les enfants sont souvent oubliés dans la prise en charge par les intervenants, considérant à tort ou à raison que les conséquences ne les affectent pas. L'objectif de cet article était d'appréhender le vécu de l'enfant exposé à la violence conjugale. Pour y parvenir, nous avons utilisé la méthode qualitative. Les résultats ont montré les conséquences négatives de la violence conjugale sur les enfants qui y sont exposés. Cette recherche souligne aussi quelques interrogations, celles de savoir si Lélé et Adjara auraient ils surmontés, l'exposition à la violence conjugale pour continuer à vivre autrement ? Autrement dit, l'investissement sur un tuteur de résilience n'aurait-il pas corrigé les défaillances parentales ? Au regard de ce qui a été dit plus haut, de nouvelles perspectives de recherche peuvent être envisagées, à savoir celle de s'ouvrir sur le processus de résilience des enfants exposés à la violence conjugale en s'appuyant sur les étayages externes à la famille.

Remerciements

Nous exprimons notre gratitude à tous les enfants qui ont accepté de participer à notre étude. Nous avons une pensée pour le regretté professeur Ketcha Wanda qui a guidé nos premiers pas dans la recherche. Merci aussi au Dr Konfo Idriss pour la correction de ce texte.

Conflits d'intérêt : Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

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.

Études humaines: Cette recherche a respecté les principes éthiques du CRERSHC/2023 pour la recherche médicale impliquant des sujets humains. La recherche a été approuvée par l'organisme institutionnel compétent.

References:

1. Anderson, K. et van Ee, E. (2018). Mothers and Children Exposed to Intimate Partner Violence: A Review of Treatment Interventions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph15091955>
2. Anderson, S. (2007). The Economics of Dowry and Brideprice. *Journal of Economic Perspectives*, 21(4), 151–174. <https://doi.org/10.1257/jep.21.4.151>
3. Andolfi, M. (2002). Thérapie avec l'individu et thérapie avec la famille. *Thérapie Familiale*, 23, 7-20. <https://doi.org/10.3917/TF.021.0007>.
4. Anker (2015). Les enfants exposés à la violence conjugale : état des lieux de leur prise en charge dans la république et canton du jura. Groupe coordination violence, aout 2015. Recupérer le 07 fevrier 2022 sur [https://www.jura.ch/CHA/EGA/violence domestique / enfant exposés à la violence conjugale.html](https://www.jura.ch/CHA/EGA/violence%20domestique/enfant%20expos%C3%A9s%20%C3%A0%20la%20violence%20conjugale.html).
5. Archer, C, Burnell, A. (2008). Traumatisme, attachement et permanence familiale: La peur peut vous empêcher d'aimer *Collection "Comprendre. "Comprendre (Bruxelles) Comprendre (De Boeck): Développement personnel* traduit par Hallet F et Berger M. Edition ISBN supérieur. 2804155285 ; 328 pages.
6. Bekaert, J., Caron, R., et Masclet, G. (2012). Le vécu subjectif des enfants exposés à la violence conjugale: l'anxiété et l'apport de variables protectrices. *La psychiatrie de L'Enfant*, 55(1), 247-268.
7. BFEG (Bureau fédéral de l'égalité entre femmes et hommes) (2020). La violence domestique à l'encontre des enfants et des adolescent-e-s. Récupéré le 25 novembre 2021 sur <https://www.bfeg.admin.ch>.
8. Chiland, C. et Young, J. G. (1997). Les enfants et la violence. PUF.

9. Cunningham, A., & Baker, L. (2007). *Petits yeux, petites oreilles : comment la violence envers une mère façonne les enfants lorsqu'ils grandissent*. Ontario, Canada : Agence de santé publique du Canada.
10. Cyr, K., Chamberland, C., Clément, M.E., Lessard, G., Wemmers, J., Collin-Vézina, D., Gagné, M.-H., & Damant, D. (2013). Polyvictimization and victimization of children and youth: Results from a populational survey. *Child Abuse & Neglect*, 37(10), 814-820.
11. Eisikovits, Z., Winstok, Z., et Enosh, G. (1998). Children's experience of interparental violence: A heuristic model. *Children and Youth Services Review*, 20(6), 547-568.
12. Fine, S. L., Kane, J. C., Murray, S. M., Skavenski, S., Munthali, S., Mwenge, M., Paul, R., Mayeya, J. et Murray, L. K. (2019). The Role of Violence Acceptance and Inequitable Gender Norms in Intimate Partner Violence Severity Among Couples in Zambia. *Journal of Interpersonal*
13. Fortin, A. (2009). L'enfant exposé à la violence conjugale : quelles difficultés et quels besoins d'aide. *Empan*, 1(73), 119-127.
14. Huecker, M. R., King, K. C., Jordan, G. A. et Smock, W. (2022). *StatPearls : Domestic Violence*.
15. Institut National de la Statistique. (2015). Enquête par grappes à indicateurs multiples (MICS5), 2014. Yaoundé, Cameroun.
16. KAMDEM KAMGNO, H (2006), *genre et fécondité au Cameroun : une étude comparative des Bamiléké et des Béti*, thèse de Doctorat en Démographie, Université de Yaoundé II, IFORD, 258 pages.
17. Kernic, M.A., Wolf, M.E., Holt, V.L., McKnight, B., Huebner, C.E. & Rivara, F.P. (2003). Behavioral Problems among Children Whose Mothers are Abused by an Intimate Partner. *Child Abuse and Neglect*, 27(11), 1231-46.
18. Keugoung, B., Kongnyu, E. T., Meli, J. et Criel, B. (2013). Profile of suicide in rural Cameroon: Are health systems doing enough? *Tropical Medicine & International Health : TM & IH*, 18(8), 985-992. <https://doi.org/10.1111/tmi.12140>
19. Kindler, H. (2013). Partnergewalt und Beeinträchtigungen kindlicher Entwicklung : Ein aktualisierter Forschungsüberblick. In Kavemann, B & Kreyssing, U (éds.). *Handbuch Kinder und häusliche Gewalt* (3., aktualisierte und über-arbeitete Auflage). Springer.
20. Lessard, G., L. Hamelin-Brabant, S. Bisson, P. Alvarez-Lizotte, et A. Dumont. 2019. « L'exposition à la violence conjugale », dans *La violence à l'égard des enfants en milieu familial*, sous la dir. de S. Dufour et M.-É. Clément, Québec, Éditions CEC, vol. 2, p.77-90.
21. McCloskey, L. A., Boonzaier, F., Steinbrenner, S. Y. et Hunter, T. (2016). Determinants of Intimate Partner Violence in Sub-Saharan

- Africa: A Review of Prevention and Intervention Programs. *Partner Abuse*, 7(3), 277–315. <https://doi.org/10.1891/1946-6560.7.3.277>.
22. Nguimfack, L., Caron, R., Beaune, D., et Tsala Tsala, J.-P. (2010). Traditionnalité et modernité dans les familles contemporaines : un exemple africain. *Psychothérapies*, 30(1), 25. <https://doi.org/10.3917/psys.101.0025>
 23. Organisation mondiale de la santé (OMS). (2017). *Violence Against Women*. <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/violence-against-women>.
 24. Organisation mondiale de la santé. (2013a). Global and regional estimates of violence against women : Prevalence and health effects of intimate partner violence and non-partner sexual violence. World Health Organization.
 25. Paradis, L. (2012). *L'enfant exposé à la violence conjugale : son vécu, notre rôle*. Direction régionale de santé publique, Agence de la santé et des services sociaux de la Capitale-Nationale. <http://www.tcvcm.ca/files/2015-12/eponge-web.pdf>.
 26. Paul, O. (2015). Développement socio-affectif des enfants exposés à la violence conjugale : une approche de la sécurité émotionnelle : étude des conduites intériorisées et extériorisées et des symptômes de stress post-traumatique de 46 enfants âgés de 5 ans et demi à 12 ans, et analyse de leurs représentations de la violence et des relations familiales. Psychologie. [Thèse de Doctorat]. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, France.
 27. Peled, E. (1997). Intervention with children of battered women: A review of current literature. *Children and Youth Services Review*, 19(4), 277-299.
 28. Savard, N., et Zaouche Gaudron, C. (2010). État des lieux des recherches sur les enfants exposés à la violence conjugale. *Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence*, 58(8), 513-522.
 29. Semahegn, A. et Mengistie, B. (2015). Domestic violence against women and associated factors in Ethiopia; systematic review. *Reproductive Health*, 12, 78. <https://doi.org/10.1186/s12978-015-0072-1>.
 30. Serrano, J. A. (2002). L'impact psychologique du divorce sur les enfants. *Familia et Vita*, VII (3), 26 – 41.
 31. Tsala Tsala, J.-P. (2009). Violences faites aux épouses et angoisse masculine chez les époux camerounais. *Le Divan Familial*, 23(2), 169. <https://doi.org/10.3917/difa.023.0169>.
 32. United Nations Office on Drugs and Crime. (2019). *Global study on homicide*. Austria, Vienna.

33. Vasselier-Novelli, C., et Heim, C. (2006). Les enfants victimes de violences conjugales. *Cahiers Critiques de Thérapie Familiale et de Pratiques de Réseaux*, 36, 185-207.
34. Zaouche Gaudron, C. (2016). *Exposés aux violences conjugales, les enfants de l'oubli*. Érès
35. Zaouche-Gaudron, C., et Molinier, P. (2012). Le ring conjugal : le chaos de la violence. Dans : Joyce Aïn éd., *Violences chaudes, violences froides* (pp. 115-127). Toulouse: Érès.
<https://doi.org/10.3917/eres.joyce.2012.01.0115>

Facteurs de Risque, Epidémiologie et Prise en Charge de la Grossesse Extra-utérine Rompue (GEUR) au Service de Gynécologie et d'Obstétrique de l'Hôpital National Ignace Deen du CHU de Conakry en 2022

AFM Soumah

Service de gynécologie obstétrique, CHU Ignace Deen

DWA Léno

Service de gynécologie obstétrique, CHU Donka

I. Sylla

JT Tolno

I. Conté

Service de gynécologie obstétrique, CHU Ignace Deen

OH Bah

Service de gynécologie obstétrique, CHU Donka

AK Diallo

Hôpital régional de Kindia

MH Diallo

Service de gynécologie obstétrique, CHU Donka

A. Diallo

IS Baldé

Telly Sy

Service de gynécologie obstétrique, CHU Ignace Deen

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p252](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p252)

Submitted: 09 August 2023

Accepted: 25 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Soumah A.F.M., Léno D.W.A., Sylla I., Tolno J.T., Conté I., Bah O.H., Diallo A.K., Diallo M.H., Diallo A., Baldé I.S. & Sy T. (2023). *Facteurs de Risque, Epidémiologie et Prise en Charge de la Grossesse Extra-utérine Rompue (GEUR) au Service de Gynécologie et d'Obstétrique de l'Hôpital National Ignace Deen du CHU de Conakry en 2022*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 252. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p252>

Résumé

Introduction : urgence gynécologique fréquente, découverte fortuite aux urgences médicales et ou chirurgicales dans un tableau d'anémie. L'objectif de ce travail était d'étudier les facteurs de risque, épidémiologie, et

prise en charge de la grossesse extra-utérine rompue au service de gynécologie et d'obstétrique de l'hôpital national Ignace Deen du CHU de Conakry en 2022. Méthodes : il s'agissait d'une étude descriptive transversale à recrutement rétrospectif. Elle a été menée au service de gynécologie et d'obstétrique de l'hôpital national Ignace Deen du CHU de Conakry du 1er janvier 2019 au 31 Décembre 2022 soit une période de trois ans. Ont été étudiées les variables se rapportant aux facteurs de risque, épidémiologie, et la prise en charge de la GEUR dans notre contexte de travail. Nous avons utilisé le logiciel Excel pour l'analyse des données. Résultats : fréquence de la GEUR dans notre étude était 1,26 % sur l'ensemble des interventions gynécologiques, les tranches d'âge les plus représentées étaient celles de 20-24 ans et 30-34 ans dans 32,69%, plus de la moitié était célibataire 69,23%, sans profession, non scolarisé respectivement 64,23% et 42,31%, primipares dans 49,04%. Parmi les facteurs de risque (FDR) retrouvés dans notre série, figuraient les antécédents de : l'infection génitale 46,15%, les fausses couches spontanées 10,58%, la contraception par microprogestatif 16,34%. La prise en charge a été exclusivement chirurgicale (100%), associée à la transfusion sanguine comme moyen de réanimation dans 95,16%. Conclusion : la grossesse extra-utérine rompue est une urgence médicochirurgicale fréquente, le diagnostic précoce traîne les pas dans les pays à faibles ressources.

Mots-clés: Grossesse extra-utérine rompue, épidémiologie, prise en charge, Conakry

Risk Factors, Epidemiology and Management of Ruptured Ectopic Pregnancy (GEUR) in the Gynecology and Obstetrics Department of the Ignace Deen National Hospital of the Conakry University Hospital in 2022

AFM Soumah

Service de gynécologie obstétrique, CHU Ignace Deen

DWA Léno

Service de gynécologie obstétrique, CHU Donka

I. Sylla

JT Tolno

I. Conté

Service de gynécologie obstétrique, CHU Ignace Deen

OH Bah

Service de gynécologie obstétrique, CHU Donka

AK Diallo

Hôpital régional de Kindia

MH Diallo

Service de gynécologie obstétrique, CHU Donka

A. Diallo

IS Baldé

Telly Sy

Service de gynécologie obstétrique, CHU Ignace Deen

Abstract

Introduction : a frequent gynecological emergency, discovered incidentally in medical and/or surgical emergencies in the setting of anemia. The aim of this study was to investigate the risk factors and management of ectopic pregnancy in the gynecology and obstetrics department of the Ignace Deen National Hospital of Conakry University Hospital in 2022. Methods : This was a descriptive study with retrospective recruitment. It was conducted at the gynecology and obstetrics department of the CHU Ignace Deen national hospital in Conakry from January 1, 2019 to December 31, 2022, a three-year period. Variables relating to risk factors, epidemiology and management of GEUR in our working context were studied. We used Excel software for data analysis. Results : The frequency of GEUR in our study was 1.26% of all gynaecological procedures, the most represented age groups were 20-24 and 30-34 years with 32.69%, more than half were single 69.23%, without profession, not in school respectively 64.23% and 42.31%, primiparous in 49.04%. Among the risk factors found in our series were a history of : genital

infection 46,15%, spontaneous miscarriage 10.58%, microprogestogen contraception 16.34%. Management was exclusively surgical (100%), associated with blood transfusion as a means of resuscitation in 95.16%
Conclusion : Ruptured ectopic pregnancy is a frequent medico-surgical emergency, early diagnosis is lagging behind in low-resource countries

Keywords: Ruptured ectopic pregnancy, epidemiology, management, Conakry

Introduction

La grossesse extra-utérine (GEU) correspond à l'implantation et au développement de l'œuf fécondé en dehors de la cavité utérine Bouyer J (2003). Elle constitue l'urgence gynécologique par excellence à cause de sa rupture.

Il s'agit d'une pathologie gynécologique grave nécessitant un diagnostic rapide et une conduite thérapeutique précoce. C'est l'une des principales complications hémorragiques du début de la grossesse.

L'incidence des grossesses extra-utérines a varié de façon très importante ces 40 dernières années. On a tout d'abord assisté à une hausse de l'incidence entre 1970 et 1990 liée à l'augmentation du nombre d'infections sexuellement transmissibles (IST) et de la consommation de tabac associée, puis la fréquence a globalement diminué pendant une dizaine d'années Job-Spira N et al (2003).

La mortalité par grossesse extra-utérine est actuellement faible, elle est de l'ordre de 2,4 à 3,3% des cas de toutes les causes confondues, de décès de femmes au premier trimestre de la grossesse dans les pays industrialisés. Beaucoup de progrès ont été réalisés en vue d'améliorer la prise en charge et le pronostic de la GEU, notamment dans la prise en charge médicale et de la chirurgie coelioscopique conservatrice pour les formes précoces Bouyer J et al. (2003). Son tableau clinique est polymorphe et ses méthodes thérapeutiques reste très diversifiées Anorlu RI et al (2004).

Plusieurs facteurs de risque de grossesse extra-utérine ont été mis en évidence et notamment en raison de leur impact sur la perméabilité et la motilité tubaire parmi ces facteurs figurent les infections sexuellement transmissible (IST) Benoit R et al (2011).

Le diagnostic de GEU, dont l'enjeu principal est sa précocité repose sur un trépied clinique biologique et échographique. Le traitement médical est envisageable en cas de diagnostic précoce. Il est moins invasif que le traitement chirurgical et repose sur l'utilisation du Méthotrexate. Dans les pays en développement, les méthodes diagnostiques et de prise en charge restent précaires compte tenu du coût et des moyens à disposition

L'incidence de la GEU dans les pays développés est de l'ordre de 100 à 175 cas par an pour 100 000 femmes âgées de 15 à 44 ans, soit environ 2 GEU pour 100 naissances Benoit R et al (2011).

En Afrique, son incidence varie selon les pays : 2 % en 1997 à 3,15 % en 2000 au Gabon Picaud A et al (1992) ; 2,32 % en 2001 au Niger Nayama M et al (2006).

En Guinée, cette fréquence est passée de 1,08 % en 1986 à 5,28 % en 1990 et à 1,4 en 2009 Sy T et al (2009).

En raison de la fréquence des cas GEUR au service de gynécologie et d'obstétrique de l'hôpital national Ignace Deen du CHU de Conakry, il nous a paru intéressant d'étudier les facteurs de risque, l'épidémiologie et la conduite thérapeutique de cette pathologie.

Materiels et methodes

Le service de gynécologie et d'obstétrique de l'hôpital national Ignace Deen du CHU de Conakry a servi de cadre de cette étude, il est situé au centre-ville de la commune de Kaloum au quartier kouléwondy sur la corniche sud, il est l'un des centres de référence de dernier recours de la pyramide sanitaire du pays, assurant les services de soins obstétricaux et néonataux d'urgences complets, il réalise en moyenne cinq mille accouchements. Il a pour vocation : les soins, la recherche, la formation.

Il s'agissait d'une étude descriptive transversale utilisant les données rétrospectives des dossiers médicaux et le registre du compte rendu opératoire pour une période de trois ans allant de 1er janvier 2019 au 31 Décembre 2022. La population d'étude était constituée des dossiers des patientes admises et opérées pour grossesse extra-utérine rompue. Nous avons inclus dans notre étude, tous les dossiers des femmes opérées pour grossesse extra-utérine rompue, contenant tous les éléments d'appréciations de nos variables et exclu les dossiers des femmes opérées pour autres pathologies gynécologiques en urgence, nous n'avons pas inclus les dossiers des femmes opérées pour grossesse extra-utérine non rompue ainsi que les dossiers de grossesse extra-utérine rompue ne contenant pas tous les éléments d'appréciation et celles opérées avant la période d'étude, nous avons utilisé un échantillonnage non probabiliste à inclusion totale. Le recrutement a été exhaustif obéissant à nos critères d'inclusion. Les variables d'intérêt étaient : les facteurs de risque, les caractéristiques épidémiologiques et les modalités de prise en charge. Les données étaient collectées sur un questionnaire individuel standardisé, préétabli et pré-testé prenant en compte les différentes variables, par dépouillement dans les dossiers médicaux, des registres et les comptes rendus opératoires lors de la cure chirurgicale. L'analyse des données a fait appel aux logiciels Microsoft Excel 2010. L'anonymat des dossiers a été respecté tout au long du processus.

Resultats

Texte 1 : Durant la période d'étude nous avons colligé 104 cas de grossesse extra-utérine rompue prise en charge au service de Gynécologie et d'Obstétrique sur 8275 accouchements soit une fréquence hospitalière de 1,26%.

Tableau I. Facteurs de risque (FDR)

Facteurs de risque	Effectifs	Fréquence
Antécédent de GEU	05	4,81%
Antécédent de chirurgie pelvienne	07	6,73%
Antécédent d'infection génitale	48	46,15%
Antécédent de contraception Oestro-progestative	05	4,81%
Antécédent de contraception par micro progestatif	07	6,73%
Antécédent de FCS	11	10,58%
Antécédent d'IVG	17	16,34%
Sans FDR retrouvés	03	2,88%

Tableau II. Epidémiologie

Caractéristiques	Effectifs	%
Socio-démographique et clinique		
Âge		
15-19 ans	02	1,92%
20-24 ans	17	16,35%
25-29 ans	34	32,69%
30-34 ans	23	22,11%
35-39 ans	17	16,35%
>ou=40 ans	11	10,58%
Etat civil		
Célibataires	32	30,77%
Mariées	72	69,23%
Profession		
Elèves/étudiantes	21	20,19%
Salariées	16	15,39%

Non notifiées 67 64 ,42%
dans le dossier

Niveau d'instruction

Secondaire 42 40,38
Non scolarisées 44 42,31%
Supérieur 06 5,77%
Non notifié dans 12 11 ,54%
le dossier

Parité

Primipares 19 18,27%
Nullipares 31 29,81%
Pauci pares 51 49,04%

Multipares 03 2,88%

Tableau III. Prise en charge

Méthode utilisée	Effectifs	Fréquence
Laparotomie		
Annexectomie	07	6,73
Salpingectomie	97	93,26
Transfusion		
Concentré globulaire	100	96,15
Autres solutés	04	3,84

Discussion

Notre étude a révélé des faiblesses pendant la collecte des données sur le site, par l'absence de la prise en charge coelioscopique et défaut de la réalisation de l'échographie endovaginale pour le diagnostic précoce.

Fréquence

Par rapport à la fréquence (**texte1**),

Année	Auteurs	Pays	Fréquence
1993	Diallo FB et al	Guinée	2,3
2002	Diallo B et al	Guinée	2,15
2009	Sy T et al	Guinée	1,4
Notre série 2022	Soumah AFM et al	Guinée	1,26

La fréquence dans notre série était basse par rapport à celles rapportées dans la série Guinéenne par Sy T et al (2009) et Diallo FB et al (1999). Cette différence s'expliquerait d'une part par l'année et la population d'étude et d'autres part par l'amélioration de la prise en charge des IST et des infections génitales, le résultat de la sensibilisation des femmes à suivre un traitement adéquat en cas d'IST et aussi de leur prévention. Cette réduction de la fréquence dans notre série corrobore avec celle de Bouyer J (2003) sur les données du registre d'Auvergne en France.

Facteurs de risque

Les infections génitales ont été l'antécédent le plus retrouvé dans notre série, suivi de l'interruption volontaire de la grossesse (IVG), la fausse couche spontanée, la chirurgie pelvienne et l'usage des pilules microprogestatives (**tableau I**), ce constat dans notre étude s'expliquerait d'une part, par la précocité des rapports sexuels et la rétention d'informations par les parents sur la sexualité représentant un tabou dans la société Africaine, d'autre part par la faible utilisation des services de planification familiale. Les fréquences retrouvées dans notre série restent faibles par rapport à celle rapportée par Sy T et al (2009) en Guinée qui étaient de 88,2% pour les IST, 43,1% pour IVG. Selon Anorlu et al (2005), les avortements clandestins et les IST augmentent respectivement 14 fois et 9 fois le risque de contracter une GEU. Les lésions provoquées au cours des infections utéro-annexielles sont responsables de cicatrices qui réduisent considérablement la lumière tubaire expliqueraient ce risque selon Farquhar CM (2005), On estime que 50 % des cas de GEU surviennent sur des trompes déjà infectées d'après Coste J (2004).

Les politiques de contrôle des IVG clandestines et de dépistage des IST pourraient infléchir l'incidence des GEU selon Centers for Disease Control and Prevention (2009),

Les antécédents de chirurgie pelvienne en raison des adhérences qu'elles peuvent engendrer, étaient considérées comme facteur non négligeable dans la survenue de la GEU de par sa présence, on observe un retard de migration de l'œuf en cas de cicatrice de chirurgie tubaire caractérisée par une zone fibrosée, dénervée et décilliée, ainsi la fréquence des GEU tubaires après plastie varie selon les études de 3 à 10 %. L'antécédent d'appendicectomie est un facteur qui prédispose à la GEU par le biais des séquelles qu'elle peut induire telles que les adhérences pelviennes.

L'association d'une appendicite aigue et une grossesse extra-utérine est rare Fatima ZFA et al (2013).

Dans notre série, l'usage de la pilule microprogestative n'était pas négligeable, l'explication réside probablement dans l'atteinte des fractions tubaires associée à l'absence de l'inhibition de l'ovulation, car les macroprogestatifs agissent par la coagulation de la glaire cervicale, provoquent

l'atrophie de l'endomètre, et diminuent le péristaltisme tubaire mais respectent l'ovulation. La revue de la littérature retrouve une association significative de la pilule microprogestative à la survenue de la GEU pour un risque relatif de 10% d'après Mol BWJ et al (1995).

Caractéristiques épidémiologiques

La tranche d'âge 25-29 ans a été la plus concernée dans notre série, ce constat s'expliquerait par la période de la vie sexuelle active dans cette tranche. Ces données étaient superposables à celles de Sy T et al (2009), qui ont trouvé dans le même service dans la tranche de 25-29 ans 33,3 % de GEU. Il en découle que la fréquence de la GEU diminue avec les âges extrêmes pour augmenter durant la période active de la vie sexuelle. L'absence et la diminution de l'activité sexuelle à ces âges pourraient expliquer ce constat (**tableau II**).

Dans notre série, les paucipares ont été les plus nombreuses (**tableau II**) et dans une moindre mesure les nullipares, ces chiffres sont proches de ceux rapportés par Sy T et al (2009) au service de Gynécologie et d'Obstétrique Ignace Deen. Rachdi et al (1991) dans une étude portant sur 70 cas de GEU colligés entre 1986 et 1989 au service de gynéco-obstétrique du CHU de Monastir en Tunisie ont révélé que les primigestes et les grandes multigestes ont été les plus touchées (57 %). La fréquence élevée de la GEU chez les paucipares dans notre série s'expliquerait par la fréquence élevée de leurs facteurs de risque.

Le pic de fréquence a été observé chez les paucipares (36 %) ; Diallo FB et al (1999), ont trouvé que la parité n'influence pas la fréquence de la GEU, point de vue partagé également par Anorlu et al (2005) au Nigeria. Les femmes non scolarisées ont constitué le groupe le plus touché dans notre série, ce qui s'expliquerait par le fait qu'elles étaient les plus nombreuses dans la population générale (80 %) rapporté par Rachdi et al (1991) et sont moins informées sur la prévention des IST. La prédominance de la GEU chez les femmes mariées pourrait s'expliquer par le désir de conception poussé chez ces femmes car l'étude de Anorlu et al (2005) au Nigeria révèle que, le statut matrimonial ne représente pas un facteur de risque de grossesse extra utérine, nous avons observé dans notre série une prédominance de la GEU chez les élèves/étudiantes,

Prise en charge

Pour la stabilisation de l'état hémodynamique, toutes les patientes avaient reçu les cristalloïdes comme solutés de remplissage et la transfusion sanguine a été réalisée chez l'ensemble de nos patientes, il s'agissait du concentré globulaire.

Le traitement a été essentiellement chirurgical. Le taux élevé de ce traitement radical qui était la salpingectomie (**Tableau III**), était dû à la consultation tardive de nos patientes au stade d'hémopéritoine dans un tableau clinique franche de rupture tubaire, une annexectomie non négligeable était associée à l'antécédent de chirurgie pelvienne qui était responsable des multiples adhérences.

Nos résultats étaient supérieurs à ceux rapportés par Koutoura B et al (2021) en zone rurale du Togo : 57,1 % de traitement radical. Le traitement médical et la coelio-chirurgie conservatrice sont les meilleures méthodes de prise en charge de la GEU. Cet avis est partagé par plusieurs études de pays développés selon Centers for Disease Control and Prevention (2009) et Condous G et al (2004), Duggal et al (2004) ont trouvé que dans les pays développés plus de 80 % des GEU sont traitées par laparoscopie. Malgré le coût élevé de l'installation d'une unité d'endoscopie, l'approche laparoscopique est actuellement le gold standard pour le traitement de la GEU selon Job-Spira N et al (2003). Les complications anémiques retrouvées dans notre étude étaient moins importantes que celles rapportées par Nayama et al (2006) à Niamey. Par contre nous n'avons enregistré aucun cas de décès dans le post opératoire immédiat, ceci du fait de la rapidité de la prise en charge gratuite offerte par le gouvernement, ce constat était similaire à celui de Koutoura B et al (2021) au Togo.

Conclusion

La grossesse extra-utérine rompue est une urgence gynécologique fréquente dans notre contexte de travail, les facteurs de risque associés à la survenue de la maladie étaient en rapport avec : les antécédents d'infections génitales, interruptions volontaires de la grossesse, des fausses couches spontanées et l'usage de la méthode contraceptive à climat microprogestatif. Cette pathologie s'observe chez les femmes d'un âge jeune, paucipares, non scolarisées et mariées. La prise en charge a été essentiellement chirurgicale assombrissant ainsi le pronostic obstétrical.

Considération éthique

Toutes les méthodes ont été réalisées conformément aux directives (Déclaration d'Helsinki) et aux réglementations pertinentes dans cette étude. L'anonymat des dossiers a été respecté tout au long de cette.

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. Bouyer J Épidémiologie de la grossesse extra-utérine : Incidence, facteurs de risque et conséquences J Gynécologie Obstétrique Biol Reprod.2003 Nov ; 32 (7 Suppl) : S8-17
2. Job-Spira N; Coste J; Bouyer J; Lasnier C; Ughetto S ; Gerbaud L et al. Dix ans d'évolution de l'incidence de la grossesse extra-utérine (1992-2001). Résultats du registre des GEU en Auvergne, BEH 2003
3. Bouyer J , Coste J , Shojaei T , Pouly J-L , Fernandez H , Gerbaud L.
4. Risk factors for ectopic pregnancy : A comprehensive analysis based on a large case-control , population-based study in France . Am J Epidemiol . 2003 Feb 1; 157 (3) : 185-94.
5. Anorlu RI, Oluwole A, Abudu OO, Adebajo S. Risk factors for ectopic pregnancy in Lagos, Nigeria. Acta Obstet Gynecol Scand 2005 ; 84 : 184-8 of ectopic pregnancies and pregnancies of unknown location. Gynecol Surg 2004 ; 1 : 81-6.
6. Benoit R, Xavier T Predictive factors of failure in management of ectopic pregnancy with single dose methotrexate. American society for reproductive medicine. Vol 95 N°1, January 2011
7. 6-Picaud A, Nlome Nze AR, Faye A, Kouvahe V, Kpodar D, Ouzouaki F et al. Evolution de la fréquence de la grossesse extra-utérine à Libreville (Gabon) de 1977 à 1989. Medecine Afr Noire 1992 ; 39 : 798-805.
8. 7-Nayama M, Gallais A, Ousmane N, Idi N, Tahirou A, Garba M et al. Prise en charge de la grossesse extra-utérine (GEU) dans les pays en voie de développement exemple d'une maternité de référence au Niger. Gynecol Obstet Fertil 2006 ; 34 : 14-8.
9. 8-Sy T, Diallo Y , Toure A , Diallo FB , Balde AA et al Prise en charge de la grossesse extra utérine à Conakry (Guinée) Med Trop 2009 ; 69 : 565-568
10. 9-Farquhar CM. Ectopic pregnancy. Lancet 2005 ; 366 ; 13 : 583-91.
11. 10-Coste J ; Bouyer J ; Ughetto S Ectopic pregnancy is again on the increase . Recent trends in the incidence of ectopic pregnancy in France (1992-2002) Hum Reprod 2004 ;19 :2014-8
12. 11-Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Chlamydia screening among sexually active young female enrollees of health plans—United States, 2000-2007. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 2009 ; 58 : 362-5.

13. Fatima zohraFdili Alaoui, Kamilia Laabadi, Hekmat Chaara, Hekmat Bouguen, appendicite aigue et grossesse extra-utérine simultanée à propos d'un cas Pan Afr Med J.2013;14:35
14. Mol BWJ ; Aukum WM ; Bossuyt PM ; Venderveen F. Contraception and the risk of ectopicpregnancy : a meta-analysis. Contraception1995 ;52 :337-41
15. Diallo FB, Diallo AB, Diallo TS, Camara AY, Baldem A, Diallo Y, et al. Grossesse extra-utérine (GEU) : aspects épidémiologique et thérapeutique au service de gynécologie obstétrique du CHU Ignace Deen de Conakry. Med Afr Noire 1999 ; 46 : 442-
16. Rachidi R, Fekih MA, Hajjami R, Messaoudi L, Chibami M, Brahim H. La grossesse extra-utérine à propos de 70 observations. Medecine du Maghreb 1991 ; 28 : 9-12
17. Katoura B, Sekiye KA, Guinhouya DY, Agbogawo M, Kanassoua KK, Prise en charge de la grossesse extra utérine en situation d'urgence : expérience d'un hôpital confessionnel en zone rurale au Togo en 2021. European scientific journal , ESJ,17(14) 237.
18. Condous G, Emeka O, Bourne T. The management of ectopic pregnancies and pregnancies of unknown location. Gynecol Surg 2004 ; 1 : 81-6.
19. Duggal BS, Tarneja P, Sharma R K, Rath SK, Wadhwa RD. Laparoscopic management of ectopic pregnancies. MJAFI 2004 ; 60 : 220-3.

**Relation Taille-Poids et Facteur de Condition de l'espèce
Elops lacerta (Elopiformes : Elopidae) Valenciennes, 1847
dans le Golfe de Guinée, Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest**

Loukou Gbohono Angelina

Etchian Assoi Olivier

Université NANGUI Abrogoua,

Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,

Laboratoire de Biologie et Cytologie Animal, Abidjan, Côte d'Ivoire

Tia Christian Bernard

Université de San Pedro, Unité de Formation et de Recherche Sciences de la

Mer, San Pedro, Côte d'Ivoire

Sylla Soumaïla

Centre de Recherche Océanologique, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p264](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p264)

Submitted: 02 March 2023

Accepted: 25 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Loukou G.A., Etchian A.O., Tia C.B. & Sylla S. (2023). *Relation Taille-Poids et Facteur de Condition de l'espèce Elops lacerta (Elopiformes : Elopidae) Valenciennes, 1847 dans le Golfe de Guinée, Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 264. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p264>

Résumé

La présente étude décrit la relation taille-poids et le facteur de condition de *Elops lacerta* dans la Zone Economique Exclusive (ZEE) Ivoirienne. Pour l'étude de ces paramètres, de janvier 2019 à décembre 2020 un échantillonnage mensuel a été réalisé lors des débarquements au port de pêche d'Abidjan (Côte d'Ivoire). La longueur de fourche (LF) a été utilisée dans cette étude. La relation taille-poids a été calculée en utilisant l'équation $P = aLF^b$ et le facteur de condition en utilisant l'équation $K = (100P / LF^b)$. Au total 865 poissons ont été collectés dont 494 mâles et 371 femelles avec une gamme de taille comprise entre 20 et 57 cm pour une masse totale oscillant entre 62,5g et 1500g. La valeur du coefficient d'allométrie est 3,06 pour les mâles, 3,11 pour les femelles et 3,09 pour les deux sexes confondus. Ces coefficients d'allométrie sont significativement différents de la valeur

standard 3 ($p < 0,05$), traduisant une allométrie majorante chez l'espèce *Elops lacerta*. Egalement, la variation saisonnière du coefficient d'allométrie révèle une allométrie majorante au cours de la saison froide chez les mâles (3,06), les femelles (3,16) et les deux sexes confondus (3,12). Par contre, au cours de la saison chaude une allométrie minorante a été obtenue uniquement chez les femelles (2,99). Le coefficient de corrélation compris entre 0,90 et 0,98, indique une forte corrélation entre le poids et la taille des poissons. Le facteur de condition varie entre $0,76 \pm 0,04$ et $0,85 \pm 0,08$ chez les mâles et entre $0,63 \pm 0,08$ et $0,72 \pm 0,05$ chez les femelles. Les valeurs maximales de cet indice ont été observées pendant la grande saison froide précisément au mois d'août pour les mâles ($0,85 \pm 0,08$) et en octobre chez les femelles ($0,72 \pm 0,05$). Ces résultats fournissent une base de données sur la relation taille-poids et le coefficient de condition de l'espèce *E. lacerta* dans la ZEE ivoirienne.

Mots-clés: *Elops lacerta*, Allométrie, facteur de condition, Golfe de Guinée, Afrique de l'ouest

Length-Weight Relationship and Condition Factor of the Species *Elops Lacerta* (Elopiformes: Elopidae) in the Gulf of Guinea, Côte d'Ivoire, West Africa

Loukou Gbohono Angelina

Etchian Assoi Olivier

Université NANGUI Abrogoua,

Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,
Laboratoire de Biologie et Cytologie Animal, Abidjan, Côte d'Ivoire

Tia Christian Bernard

Université de San Pedro, Unité de Formation et de Recherche Sciences de la
Mer, San Pedro, Côte d'Ivoire

Sylla Soumaïla

Centre de Recherche Océanologique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

The present study describes the length-weight relationship and the condition factor of *Elops lacerta* in the Ivorian Exclusive Economic Zone. For the study of these parameters, from January 2019 to December 2020 a monthly sampling was carried out during landings at the fishing port of Abidjan (Côte d'Ivoire). The fork length (LF) was used in this study. The length-weight relationship was calculated using the equation $P = aLF^b$ and the condition factor using the equation $K = (100P/LF^b)$. A total of 865 fish were collected

of which 494 were males and 371 females with a size range between 20 and 57 cm with a weight varying from 62.5g and 1500g. The value of the allometry coefficient was 3.06 for males, 3.11 for females and 3.09 for both sexes combined. These allometry coefficients was significantly different from the standard value of 3 ($p < 0.05$), reflecting a major allometry in the *Elops lacerta* species. Also, the seasonal variation of the allometry coefficient revealed a major allometry during the cold season in males (3.06), females (3.16) and both sexes combined (3.12). In contrast, a minor allometry was obtained only in females (2.99) during the warm season. The correlation coefficient of 0.90 to 0.98 indicates a strong correlation between the weight and the size of the fish. The condition factor varies between 0.76 ± 0.04 and 0.85 ± 0.08 in males and between 0.63 ± 0.08 and 0.72 ± 0.05 in females. The maximum values of this index were observed during the long cold season, precisely in August for males (0.85 ± 0.08) and in October for females (0.72 ± 0.05). These results provide a database on the length-weight relationship and condition coefficient of the *E. lacerta* species in the Ivorian EEZ.

Keywords: *Elops lacerta*, Allometry, condition factor, Gulf of Guinea, West Africa

Introduction

La croissance démographique de nombreux pays du monde au cours des six dernières décennies a engendré une augmentation de la consommation en protéines animales (FAO, 2016 ; Cury, 2017). L'une des sources de protéines animales les plus prisées est le poisson. C'est aussi l'une des ressources renouvelables les plus partagées au monde. Le poisson constitué d'acides gras polyinsaturés et de micronutriments, est la principale source de protéines animales pour un milliard de personnes avec une demande qui ne cesse d'augmenter (Cury, 2017). Les poissons représentent à eux seul 85% de la production mondiale dominée par les petits pélagiques (FAO, 2020). La consommation mondiale de poisson par habitant est passée de 9 kg en 1961 à 20,3 kg en 2017. En 2018, elle a atteint 20,5 kg/habitant/an. Celle-ci équivaut à 179 millions de tonnes de poissons pêchés au niveau mondial soit une hausse de 77 millions de tonnes par rapport aux données de 1986 (102 millions de tonnes/an) (FAO, 2020). Cette augmentation continue pourrait affecter les pêcheries au niveau mondial et par ricochet la sécurité alimentaire dans bon nombre de pays (Cury, 2017). La conservation et la gestion rationnelle du stock des ressources halieutiques s'avèrent nécessaire. Pour ce faire, la connaissance des paramètres de croissance des espèces pêchées serait d'une importance capitale.

Les études sur la relation entre la taille et le poids (Le Cren, 1951) fournissent des informations biologiques utiles pour l'exploitation et la gestion

efficace des espèces. Elle est liée à l'état biologique et physiologique du poisson, ainsi qu'aux conditions de l'habitat (Searcy et al., 2007 ; N'Guessan et al., 2017). Elle permet également de déterminer le poids du poisson connaissant sa taille (Abba et al., 2010). De plus la connaissance des interactions entre ces deux grandeurs est utile aussi bien pour les travaux de biologie que pour les calculs de dynamique des populations (Fréon et al., 1991).

Le facteur de condition est un paramètre biologique qui renseigne sur le bien-être de la population pendant les différentes étapes du cycle de vie. Il témoigne de l'interaction qui existe entre les facteurs biotiques et abiotiques de l'état physiologique du poisson (N'Guessan et al., 2017). Cet indice est utile pour le suivi de l'intensité de l'alimentation et du taux de croissance de l'animal (Bagenal & Tesch, 1978).

Cette étude a porté sur l'espèce *Elops lacerta* appartenant à la famille des Elopidae. C'est l'une des espèces de poissons prisés par la population locale. Très peu d'études existent sur l'écologie et les paramètres biologiques de *E. lacerta* en milieu marin. La disponibilité des informations sur cette espèce sont très utiles pour une gestion rationnelle et durable de cette ressource ichtyologique.

Matériel et méthodes

Milieu d'étude

La Côte d'Ivoire est située en Afrique de l'Ouest entre 4°30' et 10°30' de latitude Nord (N) et 2°30' et 8°30' de longitude Ouest (W), dans la zone intertropicale, au bord du golfe de Guinée (Halle et al., 2006). Elle bénéficie d'une zone économique exclusive de 204 600 km² (Golé bi et al., 2005). La zone de pêche est située entre les latitudes 4° N et 5° N et longitudes 2,30° W et 8° W (Figure 1). Les poissons ont été capturés par les chalutiers industriels puis débarqués au port de pêche d'Abidjan.

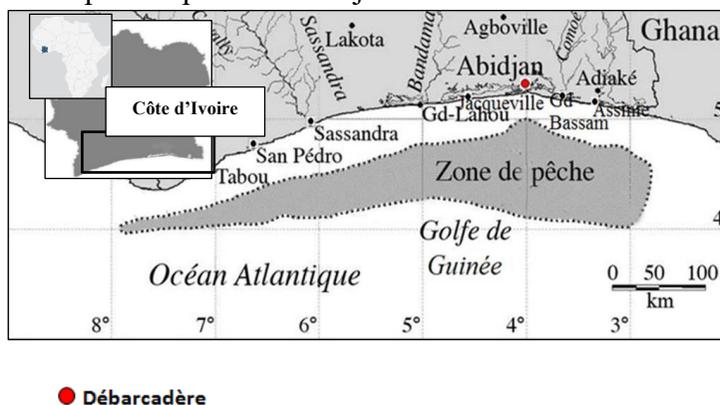


Figure 1 : Zone de pêche des artisans pêcheurs et des chalutiers de Côte d'Ivoire (Soro et al., 2009 modifiée)

Echantillonnage et mensuration

Notre étude a porté sur 865 individus de *Elops lacerta* dont 494 mâles et 371 femelles débarqués par la pêche industrielle opérant dans les eaux marines ivoiriennes de janvier 2019 à décembre 2020. La collecte des spécimens a été faite au hasard afin que toutes les tailles soient représentées. Les échantillons ont été par la suite acheminés au laboratoire où les mensurations ont été relevées.

Mensuration morphométrique

Le relevé de la longueur à la fourche des spécimens a été fait à l'aide d'un ichtyomètre. Une balance de marque BAXTRAN (model BW 15) de portée 15 kg et de précision 0,5 g a été utilisée pour la mensuration de la masse totale. La longueur du poisson prise au centimètre a été effectuée en partant du bout du museau du poisson jusqu'à la fourche. Les poissons ont par la suite été pesés individuellement au gramme près. La mesure de la taille de première maturité sexuelle (LF₅₀) a permis de déterminer les classes de tailles de *E. lacerta*. Les spécimens ayant une taille supérieure ou égale à la LF₅₀ ont été classés dans la catégorie des adultes. Ceux ayant une taille comprise entre la taille du plus petit individu mature et la taille de première maturité sexuelle sont considérés comme des sub-adultes. Enfin, les spécimens de tailles inférieures à la taille du plus petit individu mature constituent le groupe des juvéniles (Konan, 2010). Le sexe a été déterminé par observation macroscopique des gonades selon l'échelle de maturité sexuelle établie par Fontana (1969) en se basant sur la couleur, la consistance, le volume, la forme, la vascularisation, la taille des ovocytes et la présence ou l'absence de sperme dans les gonades mâles.

Variation saisonnière

L'évolution de la température et de la *chlorophylle a* a été utilisée pour le découpage des saisons. Deux saisons marines ont été définies, la saison chaude de novembre à mai et la saison froide de juin à octobre (Loukou et al., 2023).

Expressions mathématiques

Coefficient de variation

Le coefficient de variation (CV) a été calculé à partir de la taille des poissons. Il permet d'apprécier l'état d'homogénéité au sein des différents groupes d'individus pêchés (N'Da et al., 2006). La formule du coefficient de variation est la suivante :

$$CV = \frac{S}{M} \times 100$$

Avec S : l'écart-type (longueur du poisson) ; M : Moyenne de la taille (longueur du poisson).

Selon N'Da et al., (2006) si:

CV<2% : la structure ou population échantillon est très homogène.

2%<CV<30% : la structure ou population échantillon est homogène.

CV≥30% : la structure ou population échantillon est hétérogène.

Relation taille poids

La relation entre la taille et le poids permet d'apprécier la structure de la population exploitée c'est-à-dire de déterminer le coefficient d'allométrie qui donne généralement des informations sur les variations pondérales d'un individu par rapport à sa taille (Fréon et al., 1991). La courbe de régression du type $P = aLF^b$ a été obtenues à partir des couples taille-poids par la relation non linéaire (exponentielle) sous la forme suivante (Le Cren, 1951):

$$MT = a LF^b$$

Où MT: masse totale du poisson exprimée en gramme; a: constante d'allométrie; LF: longueur du poisson en cm ; b: coefficient d'allométrie

Le coefficient d'allométrie permet de se renseigner sur la proportionnalité des croissances pondérale et linéaire :

- Si $b = 3$, alors il y'a isométrie de croissance (la densité spécifique de l'animal ne change pas) ;
- Si $b > 3$, alors l'allométrie est majorante. Le poisson grossit plus vite qu'il ne grandit ;
- Si $b < 3$, alors l'allométrie est minorante. Le poisson grandit plus vite qu'il ne grossit.

Facteur de condition

Le facteur de condition (Kc) renseigne sur le bien-être de la population pendant les différentes étapes du cycle de vie (N'Guessan et al., 2017). C'est un indicateur de l'état physiologique du poisson en rapport avec son embonpoint (Tabassum et al., 2013). Il témoigne également de l'interaction qui existe entre les facteurs biotiques, abiotiques et l'état physiologique du poisson. La valeur du facteur de condition pour chacun des spécimens a été calculée en utilisant la longueur à la fourche poisson dans l'expression suivante (Bagenal et Tesch, 1978) :

$$Kc = \frac{MT}{LF^b} \times 100$$

Kc: Facteur de condition ; MT: masse totale du poisson (g); LF: Longueur à la fourche du poisson (cm) ; b : Coefficient d'allométrie.

Paramètres de la relation longueur poids et du facteur de condition de l'espèce *Elops lacerta* selon la littérature

Les informations sur la relation entre le poids et la taille de *E. lacerta* décrit soit une allométrie minorante ou une allométrie isométrique (Tableau 1). Quant au facteur de condition de l'espèce, il se situe entre 0,83 et 1,35 (Tableau 2).

Traitement des données

Le logiciel STATISTICA 7.1 a été utilisé pour le traitement statistique des données. La longueur à la fourche de chaque poisson capturé dans la zone économique exclusive a servi à établir la distribution de la fréquence de tailles. Les coefficients d'allométrie obtenus à partir de la relation taille-poids, ont été comparés à la valeur standard 3. Afin de tester si les valeurs de b calculées diffèrent significativement de la valeur de référence 3, le test t de Student a été appliqué. Le test HSD de Turkey a été utilisé pour comparer les valeurs moyennes mensuelles du facteur de condition Kc entre deux sexes.

Tableau 1. Quelques coefficients d'allométrie de *Elops lacerta* selon la littérature

Taille (cm)	N	B	A	Pays	Auteurs
11-27	83	2,968	I	Côte d'Ivoire	Konan et al. (2007)
19-29	17	3,294	I	Nigéria (Ruisseau de Badagry)	Agboola et Anetekhai (2008)
9-37,5	317	2,40	A ⁻	Nigéria (Lagune Ologe)	Lawson et Aguda (2010)
-	43	2,943	A ⁻	Nigéria (Lagune Ologe)	Kumolu-Johnson et Ndimele (2010)
12,2-16,5	3	1,84	A ⁻	Nigéria (Ruisseau Ogudu)	Lawson et al. 2013
11-33	2174	2,917	I	Nigéria (Lagune de l'Etat Ogun)	Abdul et al. (2015)
11,7-27,4	85	2,698	A ⁻	Nigéria (Lagune de l'Etat Ogun)	Abdul et al. (2016)
-	104	2,99	I	Sénégal (Bassin Amind'éwole)	N'Dour et al. (2017)
10,1-26,5	223	2,77	A ⁻	Côte d'Ivoire (Lagune Ebrié)	Boni et al. (2019)
13-27,5	216	2,53	A ⁻	Nigéria (Ruisseau Obuama)	Dienye et al., 2021

N : Nombre d'individus ; b : Coefficient d'allométrie ; A : Type d'allométrie ; A⁻ : Allométrie minorante ; I : Allométrie isométrique.

Tableau 2. Facteur de condition de *Elops lacerta* selon la littérature

Taille (cm)	Coefficient de condition (Kc)	Pays	Auteurs
-	1,67	Nigéria (Lagune Ologe)	Kumolu-Johnson et Ndimele (2010)
11-33	0,83 ± 0,090	Nigéria (Lagune de l'Etat Ogun)	Abdul et al. (2015)
11,7-27,4	1,35 ± 0,060	Nigéria (Lagune de l'Etat Ogun)	Abdul et al. (2016)
20,4-65,6	1,27	Nigéria (Lagune de l'Etat Ogun)	Shittu (2019)
13-27,5	0,83±0,32	Nigéria (Ruisseau Obuama)	Dienye et al. (2021)

Résultats

Distribution de la fréquence de taille

La taille des poissons échantillonnés est comprise entre 20 et 57 cm (Figure 2) avec une moyenne de $33,40 \pm 4,46$ cm. Celle des mâles varie de 20 à 53 cm et de 21 à 57 cm pour les femelles avec des moyennes respectives de $32,17 \pm 3,5$ cm et de $35,04 \pm 5,05$ cm. Les tailles les plus rencontrées chez les mâles (46,36 %) sont comprises entre 32 et 35 cm (Figure 2A) tandis que chez les femelles la majorité des captures (30,46 %) mesuraient entre 36 et 39 cm (Figure 2B). Pour l'ensemble des poissons échantillonnés, les tailles les plus capturées sont comprises entre 32 et 35 cm (Figure 2C) correspondant à 31,91 % des échantillons. Les individus utilisés dans cette étude sont les mêmes utilisés pour la biologie de la reproduction de cette espèce (Loukou et al., 2022). La taille de première maturité sexuelle obtenue dans ces travaux antérieur (Loukou et al., 2021) a été utilisée pour identifier les différents catégories de classe de taille. Les individus de *E. lacerta* ont été regroupé en trois catégories, les juvéniles ($LF < 23,4\text{cm}$), les sub-adultes ($23,4\text{cm} < LF < LF_{50}$) et les adultes ($LF \geq LF_{50}$). Les juvéniles et les sub-adultes moins rencontrés dans les captures représentaient respectivement 1,50% et 11,33% des échantillons. La catégorie des individus adultes a enregistré 754 individus soit une proportion de 87,17%.

L'observation macroscopique des gonades a permis de différencier les mâles des femelles. Sur un total de 865 individus de *E. lacerta* échantillonné, 494 mâles (57,11%) ont été enregistré contre 371 femelles (42,89%).

Le poids des poissons échantillonnés oscille entre 62,5 et 1500 g avec une moyenne de $385,72 \pm 160,14$ g. Au niveau des mâles, les poids enregistrés varient de 62,5 à 1292,5 g avec un poids moyen de $335,46 \pm 105,29$ g. Chez les femelles, les poissons rencontrés ont des poids variant entre 83 et 1500 g avec une moyenne de $452,65 \pm 193$ g.

Le coefficient de variation calculé est de 13,36%. Ceci décrit une structure de taille homogène de l'espèce *E. lacerta* dans la zone économique exclusive ivoirienne.

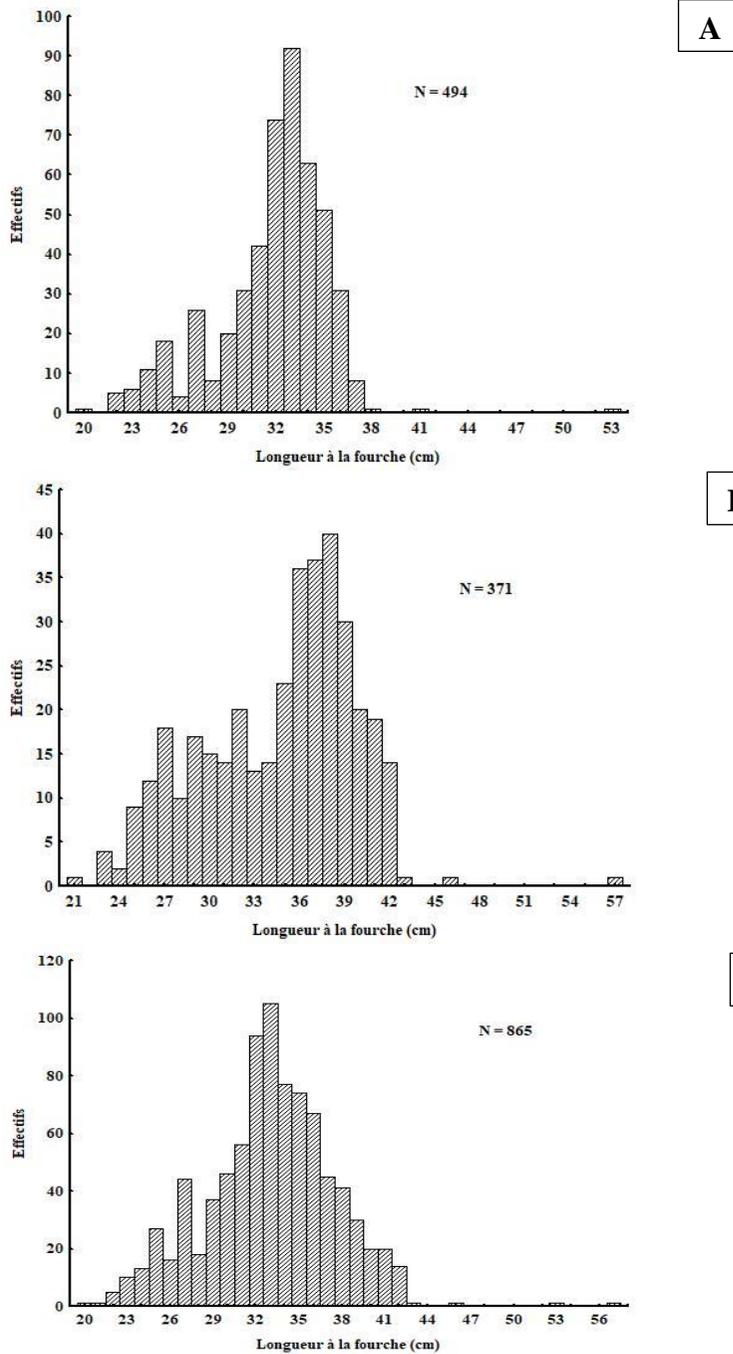
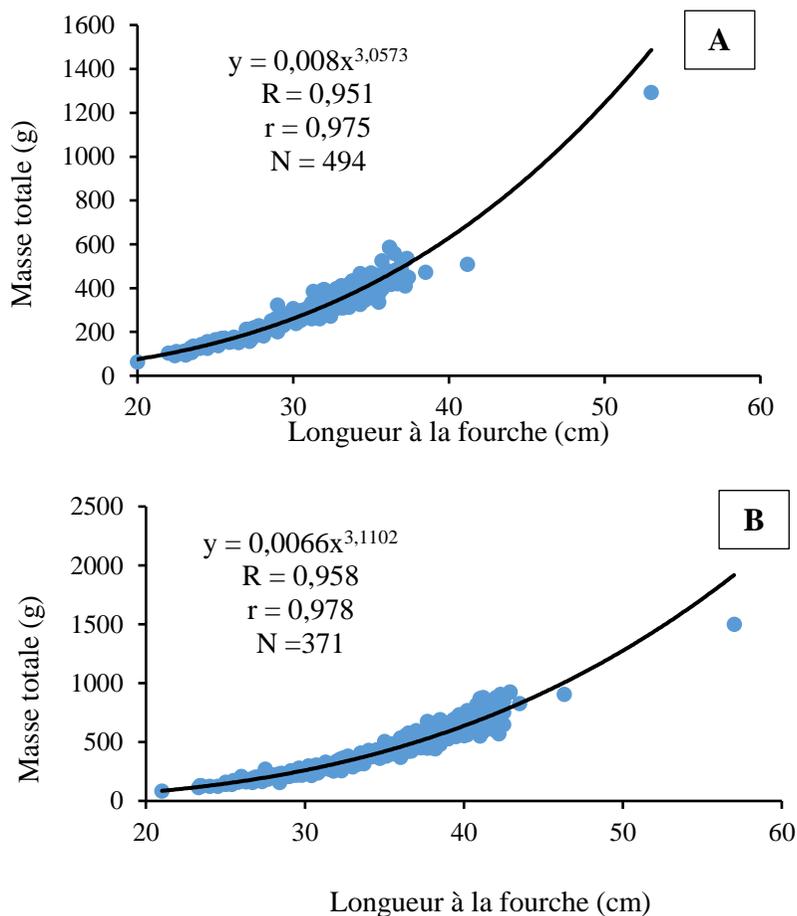


Figure 2. Distribution des fréquences de tailles des mâles (A), femelles (B) et de la population (C) de l'espèce *E. lacerta*.

Relation taille-poids

Le coefficient d'allométrie obtenue par la courbe de regression non linéaire pour les mâles et femelles est respectivement de 3,06 et 3,11. Le test T de Student a montré une différence significative entre les valeurs des coefficients d'allométrie observée et la valeur standard 3. *E. lacerta* présente une allométrie majorante chez les mâles (Figure 3A) et les femelles (Figure 3B). Chez les deux sexes confondus une allometrie majorante a été observée (Figure 3C). Autrement dit, les individus de *E. lacerta* capturés grossissent plus vite qu'ils ne grandissent dans la dans la zone économique exclusive ivoirienne (Tableau 3). Aussi, une variation du coefficient d'allométrie a été observée pendant les deux saisons marines (Tableau 4). Une allométrie majorante a été obtenue chez les mâles au cours de la saison chaude ($b = 3,05$) et de la saison froide ($b = 3,06$). Par contre chez les femelles, une allométrie majorante a été observée uniquement au cours de la grande saison froide ($b = 3,16$), tandis qu'au cours de la saison chaude l'allométrie a été minorante ($2,99$)



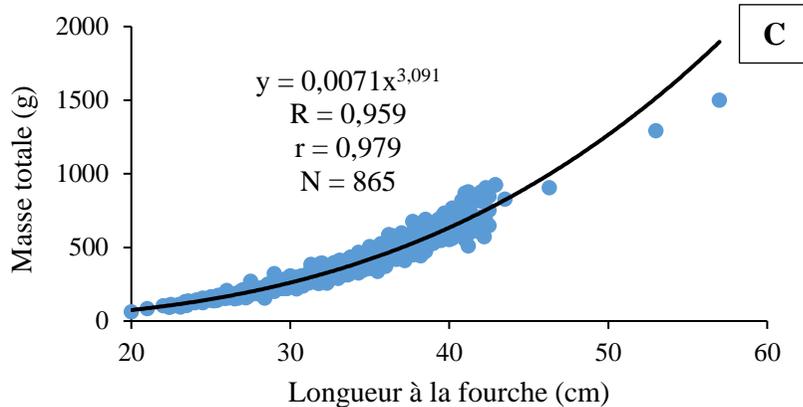


Figure 3. Relation longueur-masse des mâles (A), des femelles (B) et de la population (C) de l'espèce *E. lacerta* capturée dans la Zone Economique Exclusive Ivoirienne

Tableau 3. Paramètres de la relation longueur-poids de l'espèce *E. lacerta* capturée dans la Zone Economique Exclusive Ivoirienne

Sexe	N	Taille (cm)		Poids (g)		A	b	r	A
		LF	Moy ± SD	MT (g)	Moy ± SD				
M	494	20-	32,17 ±	62,5-	335,46 ±	0,008	3,06	0,975	A+
		53	3,5	1292,5	105,29				
F	371	21-	35,04 ±	83-1500	452,65 ± 193	0,0066	3,11	0,978	A+
		57	5,05						
M+F	865	20-	33,40 ±	62,5-1500	385,72 ±	0,0071	3,09	0,979	A+
		57	4,46		160,14				

(M : Mâle ; F : Femelle ; N : Effectif total ; LF : Longueur à la fourche ; MT : Corrélation ; a : Constante d'allométrie, b : Coefficient d'allométrie, r : Coefficient de corrélation ; A : Allométrie ; A+ : Allométrie majorante)

Tableau 4. Paramètres de la relation longueur-masse de la population de *E. lacerta* capturée dans la Zone Economique Exclusive Ivoirienne en fonction des saisons

Saisons marine	Sexe	N	LF (cm)	a	B	r	A
SC	M	347	22-38,5	0,008	3,05	0,95	A+
	F	164	21-42,9	0,0103	2,99	0,90	A-
	M+F	511	21-42,9	0,008	3,06	0,95	A+
SF	M	147	20-53	0,0078	3,06	0,96	A+
	F	207	23,3-57	0,0056	3,16	0,97	A+
	M+F	354	20-57	0,0063	3,12	0,97	A+

(SC : Saison chaude ; SF : Saison froide ; M : Mâle ; F : Femelle ; N : Effectif total, LF : Longueur à la fourche ; a : Constante d'allométrie, b : Coefficient d'allométrie, r : Coefficient de corrélation ; A : Allométrie ; A- : Allométrie minorante A+ : Allométrie majorante)

Facteur de condition (Kc)

Variation mensuelle et saisonnière du facteur de condition

La variation mensuelle du facteur de condition des deux sexes se présente en dent de scie. Ce coefficient varie peu aussi bien chez les mâles que chez les femelles au cours de l’année (Figure 4). Aucune différence significative n’est observée entre les valeurs mensuelles du facteur de condition des mâles ($0,79 \pm 0,06$) et femelles ($0,67 \pm 0,07$). Les valeurs du Kc varient entre 0,76 et 0,85 chez les mâles et entre 0,63 et 0,72 chez les femelles. Les valeurs maximales ont été observées pendant la saison froide précisément au mois d’août pour les mâles ($0,85 \pm 0,08$) et en octobre chez les femelles ($0,72 \pm 0,05$). Quant aux valeurs minimales, elles ont été obtenues au mois de juillet chez les mâles ($0,76 \pm 0,04$) et au mois de février (saison chaude) chez les femelles ($0,63 \pm 0,08$). Cet indice varie très faiblement au cours des différentes saisons chez chaque sexe (Tableau 5).

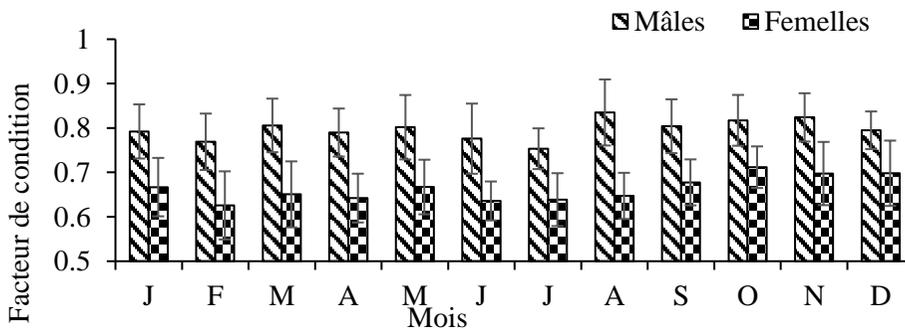


Figure 4. Variations mensuelle du facteur de condition (Kc) des mâles et des femelles de *E. lacerta* capturés dans la Zone Economique Exclusive Ivoirienne

Tableau 5. Variation saisonnière du facteur de condition (Kc) des mâles et des femelles de *E. lacerta* capturés dans la Zone Economique Exclusive Ivoirienne

Sexe	Kc moyen		
	N	SC	SF
M	434	$0,80 \pm 0,06$	$0,80 \pm 0,07$
F	284	$0,67 \pm 0,07$	$0,67 \pm 0,06$
M + F	718	$0,71 \pm 0,06$	$0,72 \pm 0,07$

Kc : facteur de condition ; **SC** : Saison chaude (novembre à mai) ; **SF** : Saison froide (juin à octobre) ; **M** : Mâle ; **F** : Femelle ; **N** : Nombre d’individus.

Discussion

Les fréquences de taille observées chez des individus de *Elops lacerta* capturés dans la Zone Economique Exclusive Ivoirienne varie de 20 à 57 cm avec des maximums de 53 cm chez les mâles et 57 cm chez les femelles. Des travaux effectués sur cette même espèce en lagune ont permis d’observer des tailles maximales inférieures (Abdul et al. (2016) ; Fadekemi et al. (2018) ;

(Boni et al., 2019)) à celles obtenues dans nos travaux. Cette différence observée entre les tailles maximales pour cette même espèce, pourrait être lié au milieu d'étude. En effet, la présence et la forte proportion des spécimens de grande taille obtenus dans nos travaux s'expliquerait par le fait que cette espèce thalassotoque immature en lagune migre en mer pour poursuivre sa croissance et se reproduire (Hie-Daré, 1982).

Le coefficient de variation décrit une structure de taille homogène pour la population de *E. lacerta*. En effet, l'absence des individus de taille inférieure à 20 cm dans nos échantillons expliquerait cette homogénéité de taille observée. Les travaux réalisés par Hie-Daré (1982) sur la croissance de *E. lacerta* dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) ont montrés que cette espèce migre en mer à des tailles comprises entre 17 et 22 cm, où il atteint sa maturité sexuelle.

Le coefficient d'allométrie obtenu chez les mâles (3,06), les femelles (3,11) ainsi que pour les deux sexes confondus (3,09) de l'espèce *Elops lacerta* dans notre milieu d'étude est majorante, ce qui signifie que cette espèce grossit plus qu'elle ne grandit. Par contre, les travaux réalisés en lagune sur cette même espèce décrivent une allométrie minorante (Abdul et al., 2016 ; Boni et al., 2019) et une allométrie isométrique a été obtenue par Abdul et al. (2015) et Konan et al. (2007). En effet, la migration de cette espèce en mer dans le but de poursuivre sa croissance serait l'une des causes de cette différence observée entre les coefficients d'allométrie chez cette même espèce. Car sa croissance entraine une augmentation de la masse et de la taille de l'animal. Aussi, la maturation des gonades ayant lieu dans cet environnement (Loukou et al., 2023) entraine une augmentation de la masse corporelle du poisson. De plus, le milieu d'étude, la température et la disponibilité de la nourriture favoriserait la croissance de l'espèce. Ceci pourraient influencer ce paramètre de croissance.

L'allométrie minorante observée uniquement pendant la saison chaude chez les femelles de l'espèce *Elops lacerta* serait due à une baisse du poids. En effet, lors de cette période les femelles émettent les ovocytes contenus dans les gonades, ce qui entrainerait une baisse du poids au cours de cette saison (Loukou et al., 2023). Cela s'expliqueraient aussi, par le fait que les femelles s'alimenteraient moins pendant cette période. Le sexe, le stade du développement des gonades et les conditions de l'environnement pourraient ainsi influencer le type d'allométrie de l'espèce *E. lacerta*.

Les valeurs du facteur de condition élevé pendant la saison froide chez chaque sexe serait liée à la disponibilité de la nourriture dans le milieu. En effet, durant cette période, un enrichissement important de la surface de l'eau en nutriment a lieu le long des côtes ivoirienne grâce au phénomène de remonté des eaux froide (upwelling) qui s'y produit (Sylla et al., 2023). Cette remonté des eaux de fond entraîne une baisse de température et favorise un

enrichissement très important des eaux de surface en éléments nutritifs (Djagoua, 2003). Ce phénomène est l'une des sources d'enrichissement en nutriments la plus importante de la couche superficielle de l'océan selon Hilmi et al. (2013). Par ailleurs, lorsque ces eaux sont ramenées à la surface, cela favorise le développement du phytoplancton qui constitue la base de la chaîne alimentaire et participent ainsi au développement et au maintien de la productivité biologique de l'écosystème (Diba, 2013). Par conséquent, les conditions environnementales favorables et la disponibilité de la nourriture dans le milieu auraient un impact positif sur l'embonpoint de l'espèce *E. lacerta*.

De plus, la variation saisonnière de cet indice indique que le facteur de condition ne varie presque pas d'une saison à une autre chez chaque sexe. Ce résultat s'expliquerait par le fait que le milieu marin ivoirien offrirait de meilleures conditions de vie à l'espèce *E. lacerta*. Cette espèce trouverait dans ce milieu les éléments nécessaires pour ses besoins physiologiques quelque soit la saison.

Conclusion

Cette étude a révélé une allométrie majorante chez l'espèce *E. lacerta* dans la zone économique exclusive ivoirienne. Toutefois, elle varie selon le sexe, l'état physiologique des poissons et les conditions environnementales. Quant au facteur de condition, il a montré que *E. lacerta* trouve dans ce milieu les éléments nécessaires pour sa croissance. Ce facteur est influencé par les conditions environnementales et la disponibilité de la nourriture.

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 : L'étude a bénéficié du budget du Centre de Recherches Océanologiques (CRO) qui est un centre étatique.

References:

1. Abba, E., Belghyti, D., Benabid, M. & El Ibaoui H., 2010. Relation taille-poids et coefficient de condition de la truite commune (*Salmo trutta macrostigma dumeril*, 1858) de l'ouest Sidi Rachid (moyen Atlas) Maroc. *Afrique Science*, 6(2), 60-70.
2. Abdul, W. O., Omoniyi, I. T., Adekoya, E. O., Adeosun, F. I., Odulate, O. O., Idowu, A. A., Olajide, A. E & Olowe, O. S., 2016. Length-weight relationship and condition factor of some commercial fish

- species in ogun state coastalestuary, Nigéria. *Ife Journal of Agriculture* 28(1), 1-10.
3. Abdul, W. O., Omoniyi, I. T., Adekoya, E. O., Daniel, O. S & Olowe, O. S., 2015. Some stock parameters of *Elops lacerta* during estuarine phase of life history. *Ife Journal of Science*, 17(2), 323-334.
 4. Agboola, J. I. & Anetekhai, M. A., 2008. Length-weight relationships of some fresh and brackish water fishes in Badagry creek, Nigéria. *International of Applied Ichthyology*, 24(5), 623-625.
 5. Bagenal, T. B. & Tesch, A. T., 1978. Conditions and Growth Patterns in Fresh Water Habitats. *Blackwell Scientific Publications, Oxford*, 75-89.
 6. Boni, L., Nobah, C. S. K., Konan, K. J., Coulibaly, S., Tidou, A. S & Atsé, B. C., 2019. Relation longueur-poids pour 15 espèces de poissons exploitées dans la lagune Ebrié, Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *European Scientific Journal*, 15(21), 455-469.
 7. Cury P., 2017. Biodiversité marine exploitée et changement climatique : 88-91. www.ocean-climate.org
 8. Diba I., 2013. Développement des indices d'upwelling côtier à partir des observations satellites au large des côtes Mauritanie-Sénégal-Guinéennes. Master de Science en Océanographie Physique et Applications, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou (Bénin), 40p.
 9. Dienne, H. E., Olopade, O. A., & Amachree, E. T., 2021. Growth Parameters and Exploitation of Endangered Lady Fish (*Elops lacerta* Valenciennes, 1847) in the Obuama Creek, Rivers State, Nigeria. *Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 9, 92-98. 2021.
 10. Djagoua E. M. V., 2003. Contribution de l'imagerie Satellitaire Visible et Infra Rouge Thermique à l'étude de la variabilité du phénomène physique de surface de la mer : implication dans la variabilité du phytoplancton et des prises de *Sardinella aurita*. Thèse de Doctorat, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 105p.
 11. Fadekemi I. T., Oluwayemisi A. E et Adekunle D. A., 2018. Aspects of the reproductive biology of *Elops lacerta* (Valenciennes, 1847) from Epe Lagoon, South Western Nigeria. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(2), 442-448.
 12. FAO, 2016. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. Rome, 211p.
 13. FAO, 2020. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2018. La durabilité en action. Rome, 247 p.
 14. Fontana A., 1969. Etude de la maturité sexuelle des sardinelles *Sardinella eba* (Val) et *Sardinella aurita* C. et V. de la région de

- pointe-noire. Océanographe biologiste, Centre O.R.S.T.O.M. de Pointe-Noire (Congo), VII (2) : 101-113.
15. Fréon P., 1991. Les poissons pélagiques côtiers au Sénégal: relations taille-poids des principales espèces d'intérêt commercial. ORSTOM Fonds Documentaire, 3/53,4- Cote 6 b, 171p.
 16. Golé Bi G. G., Koffi K. J. D et Dadi S. G., 2005. Contribution socio-économique de la pêche artisanale en Côte d'Ivoire. Programme pour des Moyens d'Existence Durables dans la Pêche (PMEDP) en Afrique de l'Ouest. FAO (GCP/INT/735/UK), 49 p.
 17. Halle, B et Bruzon, V., 2006. Profil environnemental de la Côte d'Ivoire, Contrat cadre EuropAid/119860/C/SV/Multi, Commission européenne, Bruxelles, 150p.
 18. Hie-Daré, J. P., 1982. Croissance de la phase lagunaire de *Elops lacerta*. *Documents Scientifiques*, Centre de Recherches Océanologiques, Abidjan (Côte d'Ivoire), 13(1), 53-72.
 19. Hilmi K., Benazzouz A., Bouksim H., Bentamy A., Demarcq H., El Moussaoui A. et Atillah A., 2013. *Bulletin National d'Upwelling, Institut National de Recherche Halieutique* (Maroc), No 1, 10p.
 20. Konan K. J., 2010. Etude des paramètres de populations de la biologie de reproduction et des stratégies alimentaires du Cichlidae *Tylochromis jentinki* (Steindachner 1895) dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire) 167 p.
 21. Konan, K. F., Ouattara, A., Ouattara, M. & Gourène, G., 2007. Weight-length relationship of 57 species of the Coastal rivers in South-Eastern of Ivoir Coast. *Ribarstvo*, 65(2): 49-60.
 22. Kumolu-Johnson, C. A & Ndimele, P. E., 2010. Length-weight relationships and condition factors of twenty-one fish species in Ologe Lagoon, Lagos, Nigeria. *Asian Journal of Agricultural Sciences*, 2(4), 174-179.
 23. Lawson, E. & Aguda A. F., 2010. Growth patterns, diet composition and reproduction in the ten pounder, *Elops lacerta* from Ologe lagoon, Lagos, Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(5), 974-984.
 24. Lawson, E. O., Akintola, S. L & Awe, F. A., 2013. Length-weight relationships and morphometry for eleven (11) fish species from Ogudu Creek, Lagos, Nigeria. *Advances in Biological Research*, 7(4), 122-128.
 25. Le Cren, E. D., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and the condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal*, 20, 201-219.

26. Loukou, G. A., Etchian, A. O., Sylla, S., Atse, B. C., 2023. Reproductive biology of *Elops lacerta* (Elopiformes: Elopidae) in the Gulf of Guinea, Côte d'Ivoire, West Africa. *Cybium*, 1-8.
27. Loukou, G. A., Sylla, S., Etchian, A. O., Konan, A. I., Atse, B. C., 2021. Growth and exploitation parameters of the West African ladyfish *Elops lacerta* Valenciennes, 1847 in the Ivorian's exclusive economic zone, Côte d'Ivoire. *International Journal of Aquatic Biology*, 9(6), 360-369.
28. N'Da K., Dongo K. K & Ya N., 2006. Pêche artisanale maritime et commercialisation du mérour blanc (*Epinephelus aeneus* Geoffroy Saint Hilaire, 1817) en Côte d'Ivoire. *Tropicicultura*, 24 (2) 107-110.
29. N'Dour, N., Sambou, B., Diadiou, H., Sambou, H & Dasylyva, M., 2017. Atouts et contraintes de la pisciculture traditionnelle de Bandial (Casamance, Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 11(4), 1685-1705.
30. N'Guessan, Y., Diaha, N. C., Amande, M. J., Angui, K. J-P., Abekan, E., Assan N. F. & N'Da K., 2017. Sex-ratio, stades de maturité, taille de première maturité et facteur de condition de *Canthidermis maculata* capturé dans l'océan Atlantique Est. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(6), 2876-2886.
31. Searcy, P. S., Eggleston, B. D. & Hare, A. J., 2007. Is growth a reliable indicator of habitat quality and essential fish habitat for à juvenile estuarine fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64, 681-691.
32. Shittu, A. I., 2019. Biological aspects of some fish species found in Ogun river, Abeokuta, Ogun state. 1 st National Conference of WITED, Ilaro Chapter. The Federal Polytechnic, Ilaro, 329-332.
33. Soro Y., N'da K et Diaha N. C., 2009. Le marlin bleu *Makaira nigricans* se reproduit-il dans le golfe de Guinée? Une réponse par l'étude des aspects macroscopiques et microscopiques des gonades. *Cybium*, 33(2): 133-144.
34. Sylla, S., TIA, C. B., Djadji, E. L. G., Mobio, A. B. H, & Kouamelan, E. P., 2023. Relationships between diet and environmental shelf waters of Côte d'Ivoire. *African Crop Science Journal*, 31(2), 215-226.
35. Tabassum, S., Elahi, N. & Baloch, W. A., 2013. Comparison of Condition factor of the Ribbonfish *Trichiurus lepturus* (Linnaeus, 1758) and *Lepturacanthus savala* (Cuvier, 1829) from Karachi Coast, Pakistan. *Si Ndh University Research Journal (Science Series)* 45(4), 657-660.

Diversité Floristique des Forêts Dégradées de l'Unité Forestière d'Exploitation (UFE) Nyanga, Située au Sud-Ouest de la République du Congo

Ngassaki Oka, Doctorant

Saint Fédriche Ndzai, PhD

Félix Koubouana, PhD

Maître de Conférences CAMES

Laboratoire de Géomatique et d'Ecologie Tropicale Appliquée (LGETA),
Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie (ENSAF),
Université Marien N'gouabi, Brazzaville, Congo

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p281](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p281)

Submitted: 22 August 2023

Accepted: 29 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Oka N., Ndzai S.F. & Koubouana F. (2023). *Diversité Floristique des Forêts Dégradées de l'Unité Forestière d'Exploitation (UFE) Nyanga, Située au Sud-Ouest de la République du Congo*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 281.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p281>

Résumé

La présente étude a été menée dans l'Unité Forestière d'Exploitation Nyanga, située au Sud-Ouest de la République du Congo, afin de contribuer à la connaissance de la flore dans ces paysages forestiers dégradés. Les données ont été collectées dans seize sous-parcelles de 25 m x 25 m, pour les arbres à partir de diamètre supérieur ou égal à 5 cm et 24 sous-parcelles de 12,5 m x 12,5 m, pour les arbustes à partir de hauteur supérieur ou égal à 1 m et de diamètre inférieur à 5 cm sur une étendue d'un (1) ha chacune pour les strates de forêts dégradées à 6 ans puis 13 ans. Deux paramètres ont été étudiés dont l'un floristique et l'autre structural. Au total 5 834 individus ont été dénombrés appartenant à 117 espèces, 98 genres et 41 familles à 6 ans et 3 069 tiges, réparties en 60 espèces, 54 genres et 27 familles à 13 ans. *Musanga cecropioides* R. Br. (Urticaceae) est l'espèce par famille la mieux représentée écologiquement pour les deux âges. Les indices de diversité montrent une grande variabilité des espèces avec des valeurs plus élevés pour Shannon ($4,59 \pm 0,17$) et équitabilité ($0,76 \pm 0,01$) à six ans et à treize ans ($0,13 \pm 0,02$) pour Simpson. La valeur du coefficient de Sorensen égale à (30,50 %) ne montre

pas de véritable ressemblance floristique entre les différentes parcelles inventoriées. Les moyennes de la densité ($1861 \pm 181,52$ tiges/ha) et de la surface terrière ($21,44 \pm 0,51$ m²/ha) sont plus élevées à six ans. Les moyennes du diamètre ($10,02 \pm 0,76$) cm et la hauteur ($10,2 \pm 0,90$) m sont plus élevées à 13 ans. La répartition des tiges par classe de diamètre montre dans les deux âges une prédominance des tiges de faible diamètre mais avec plus individus à six ans. Cette étude nous a permis de comprendre la dynamique forestière en fonction de l'âge du peuplement.

Mots-clés: Diversité, Flore, Forêt, Dégradation, Unité Forestière d'Exploitation, République, Congo

Floristic Diversity of the Degraded Forests of the Nyanga Forest Exploitation Unit, Located in the South-West of the Republic of Congo

Ngassaki Oka, Doctorant
Saint Fédriche Ndzai, PhD
Félix Koubouana, PhD

Maître de Conférences CAMES

Laboratoire de Géomatique et d'Ecologie Tropicale Appliquée (LGETA),
Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie (ENSAF),
Université Marien N'gouabi, Brazzaville, Congo

Abstract

This study was conducted in the Nyanga Forest Exploitation Unit, located in the south-west of the Republic of Congo, in order to contribute to the knowledge of the flora in these degraded forest landscapes. Data were collected in sixteen sub-plots of 25 m x 25 m, for trees from a diameter greater than or equal to 5 cm and 24 sub-plots of 12.5 m x 12.5 m, for shrubs from height greater than or equal to 1 m and diameter less than 5 cm over an area of one (1) ha each for strata of degraded forests at 6 years then 13 years. Two parameters were studied, one floristic and the other structural. A total of 5,834 individuals were counted belonging to 117 species, 98 genera and 41 families at 6 years and 3,069 stems, divided into 60 species, 54 genera and 27 families at 13 years. *Musanga cecropioides* R. Br. (Urticaceae) is the best ecologically represented species/family for both ages. The diversity indices show a large variability of species with higher values for Shannon (4.59 ± 0.17) and evenness (0.76 ± 0.01) at six years and thirteen years (0.13 ± 0.02) for Simpson. The value of the Sorensen coefficient equal to (30.50%) does not

show any real floristic resemblance between the different species inventoried. The average density (1861 ± 181.52 stems/ha) and basal area (21.44 ± 0.51 m²/ha) are higher at six years. The averages of diameter (10.02 ± 0.76) cm and height (10.2 ± 0.90) m are higher at 13 years. The distribution of stems by diameter class shows in both ages a predominance of small diameter stems but with more individuals at six years. This study allowed us to understand the forest dynamics according to the age of the stand.

Keywords: Diversity, Flora, Forest, Degradation, Forest Exploitation Unit, Republic, Congo

Introduction

Les écosystèmes forestiers jouent un rôle crucial dans le bien-être des populations humaines (Akossongo, 2004). Ils rendent de nombreux services qui sont entre autres : la régulation du climat, le recyclage des nutriments, la stabilisation des sols, la création d'habitats naturels, sans oublier toute une pléiade de loisirs en plein air (Fearnside, 2005 ; Locatelli, 2011). Ils fournissent également des biens tels que : nourritures, médicaments et un large éventail des produits forestiers. Les forêts tropicales constituent des puits de carbone et des réservoirs de la biodiversité les plus importants de la planète (Roxane, 2015 ; Marion, 2018). Aussi, ces écosystèmes jouent un rôle fondamental dans la lutte contre la pauvreté en milieu rural en assurant la sécurité alimentaire et en fournissant les moyens de subsistance (FAO, 2015). Dans ce cadre, ils fournissent d'importante quantité de ressources naturelles pour la plupart des pays tropicaux et jouent un rôle important dans la conservation de la biodiversité et l'équilibre écologique (N'guessan et al., 2019). Du fait de la démographie croissante et pour les besoins économiques, ces forêts subissent des pressions diverses par les pratiques d'activités agricoles et d'exploitation industrielle des bois.

La République du Congo, située à cheval sur l'équateur et au cœur du deuxième massif forestier mondial, s'étend sur 342.000 km² (CNREDD, 2016) et présente une superficie forestière importante estimée à 23 517 000 hectares soit 69,8 % de l'étendue nationale (MEF., 2021). Ces forêts Congolaises sont réparties en trois massifs forestiers principaux d'inégale importance notamment la grande forêt du Nord, le Massif du Chaillu et celui du Mayombe (WRI, 2007). Elles abritent une riche biodiversité qui offre des biens et services précieux aux populations locales. Par ailleurs, pendant des décennies, ces forêts ont subi des changements importants, notamment en termes de répartition et d'usage des terres (WRI, 2012). Ces changements occasionnés par les activités anthropiques sont à l'origine de la déforestation et la dégradation forestière et constituent une menace pour la biodiversité dans les forêts tropicales (Kamungandu, 2009 et MEFDDE, 2016). Ce travail a été

effectué dans le massif forestier du Chaillu qui est exposé à une double pression anthropique notamment l'exploitation industrielle des bois et l'agriculture sur brûlis entraînant la dégradation de celles-ci. Ces forêts dégradées, caractérisées souvent par une destruction partielle de leur canopée, apparaissent aujourd'hui comme une catégorie de forêt à part entière (Cirad, 2011). Même si le terme de dégradation forestière est sujet à de nombreux débats et recouvre différentes acceptions (FRA, 2000 ; CDB, 2001 ; FAO, 2002b, CDB, 2005). La forêt est un milieu essentiellement dynamique dont les multiples composants sont en perpétuelle évolution (N'Guessan et al., 2019 ; Rarivoson, 2019 ; Taonda et al. 2021).

Ces formations forestières sont le produit du libre jeu des facteurs naturels, et dans lesquelles l'action de l'homme n'est pas prépondérante. Toutefois, l'Homme influence le développement de ces formations même si l'anthropisation n'est pas l'élément majeur de la dynamique de ces formations végétales (Didier, 1998). Les perturbations déclenchent donc des successions écologiques qui font de la forêt une mosaïque de taches d'habitats à des stades divers de développement. Comme chaque étape du processus de succession est habitée par des espèces qui lui sont plus ou moins étroitement adaptées, la diversité biologique à l'échelle d'un paysage forestier ne peut se maintenir que s'il existe en permanence au sein de ce dernier un échantillon de tous les stades de succession. Lorsque la dynamique succession transforme l'habitat d'une espèce, celle – ci ne peut survivre que si elle trouve dans le voisinage, c'est-à-dire dans ses limites de dispersion, un habitat semblable qui n'existe que si une autre succession a été déclenchée un peu plus tard dans le paysage (Blondel, 1995). Les caractéristiques structurales et la dynamique floristique sont constamment modifiées par diverses activités tel le changement d'utilisation des terres pour l'intensification de l'agriculture ou l'exploitation forestière (Kouadio et al., 2018).

Ces forêts du massif du Chaillu subdivisées en unités forestières d'exploitation et régies par des règles de gestion durable sont malheureusement exposées aux travaux champêtres des populations locales. Ce travail a été effectué particulièrement dans l'unité forestière d'exploitation (UFE) Nyanga. Il faut noter que très peu d'actions ont été menées dans ces forêts dégradées en particulier les études cartographiques sur la stratification de l'occupation du sol (MEFE/CNIAF/PAGEF/CIBN., 2011 et MEFDD/CIBN/GTGC., 2015), alors que la diversité des espèces ligneuses dans les forêts dégradées est moins connue et n'a pas été quantifiée à leur juste valeur. De ce fait, cette étude s'est avérée indispensable dans l'Unité Forestière d'Exploitation Nyanga, pour contribuer à la connaissance de la flore dans ces paysages forestiers dégradés en vue de dégager les orientations visant à la conservation de ces espaces et de leurs ressources naturelles. Elle a pour objectifs spécifiques : i)- évaluer la diversité floristique en fonction de l'âge

du peuplement et 2)- étudier les paramètres structuraux en fonction de l'âge du peuplement. Selon Gaudin (1996), l'âge est un critère descriptif et de classement pour de nombreux peuplements. Il peut cependant être très représentatif ou peu représentatif selon la nature des peuplements.

Matériel et Méthodes

Présentation du site d'étude

L'Unité Forestière d'Exploitation (UFE) Nyanga, est localisée dans le Massif du Chaillu, plus précisément dans l'Unité Forestière d'Aménagement (UFA) Sud 5 Mossendjo dans le département du Niari au Sud-Ouest de la République du Congo. Elle couvre une superficie d'environ 548 461 hectares (Figure 1).

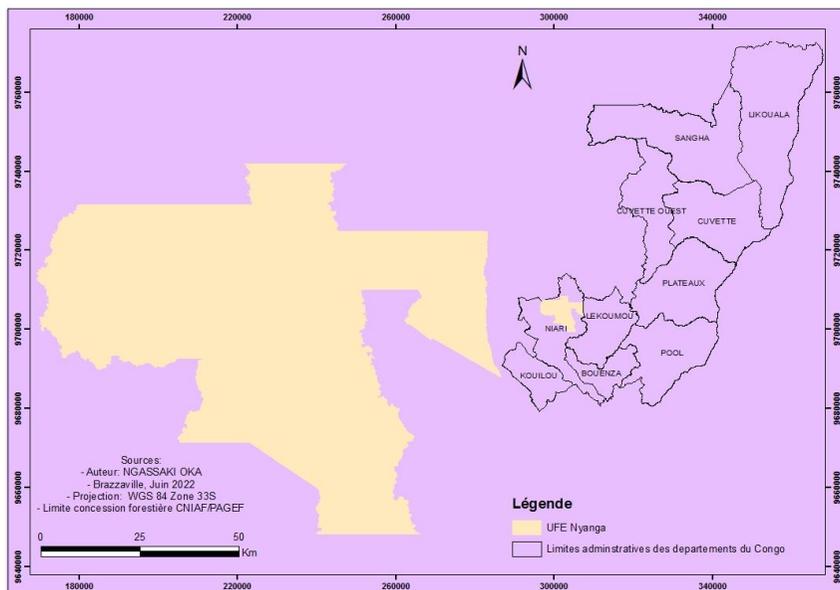


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude jouit d'un climat tropical de type bas congolais caractérisé par des précipitations abondantes souvent sous forme d'orages. Les pluviométries sont assez élevées avec deux maxima, en novembre et en mars par contre entre décembre et février, on note généralement un ralentissement des pluies. La saison sèche très marquée de juin à septembre, pouvant selon les années s'étendre en partie sur les mois de mai et octobre avec les précipitations nulles ou très faibles (Figure 2). La température moyenne reste élevée toute l'année, malgré une baisse notable au cours de la saison sèche. Les températures moyennes mensuelles sont assez élevées et oscillent entre 17°C et 25°C. Elles varient très peu pendant toute l'année (Figure 2).

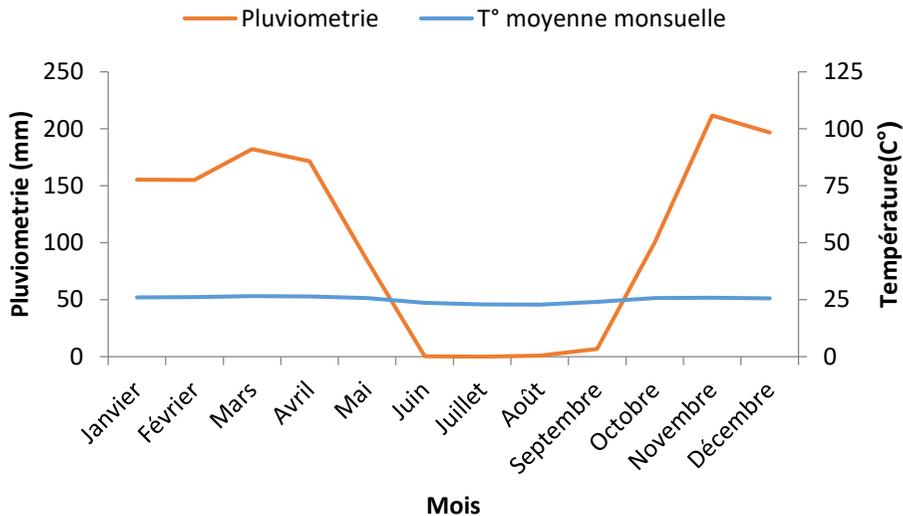


Figure 2. Pluviométrie et température entre 2000 à 2012

Les sols rencontrés dans le milieu d'étude sont essentiellement des sols ferrallitiques fortement désaturés remaniés, des sols ferrallitiques fortement désaturés remaniés pénévulés, des lithosols et sols peu évolués d'érosion lithique ainsi que des sols bruns tropicaux (Aubert et Segalen 1966)).

Le relief est caractérisé par le massif montagneux du Chaillust accidenté et l'altitude varie entre 450 et 500 m. Plusieurs cours d'eau drainent la zone d'étude en particulier, la *Bibaka* la *Louatiti* et la *Louambitchi*, affluents du fleuve *Nyanga*; la *Leboulou* et la *Louessé*, affluents du fleuve *Niari* ; la *Itsibou*, affluent de la *Louessé* et la *Lemogni*, affluent de la *Léboulou*.

La végétation est constituée de forêt dense de terre ferme, forêt sur relief ou submontagnarde, forêt dégradée au rendu rougeâtre, complexe de forêt dégradée, forêt inondée et de savane arbustive ainsi qu'herbeuse (PAGEF, 2011 et GTGC, 2015).

La faune renferme une diversité faunique importante. Cependant, les espèces les plus couramment rencontrées sont présentées par le Gorille (*Gorilla g. gorilla*) ; Chimpanzé (*Pan troglodytes*) ; Mandrill (*Papio sphinx*) ; Petits primates (*Cercopithecus sp.*) ; Buffle de forêt (*Syncerus caffer nanus*) ; Guib harnaché (*Tragelaphus scriptus*) ; Céphalophe à dos jaune (*Cephalophus silvicultor*) ; Céphalophe bleu (*Cephalophus monticola*) ; Chevrotain aquatique (*Hyemosgus aquaticus*) ; Sitatunga (*Tragelaphus spekei*) ; Potamochère (*Potamochoerus porcus*) ; Nandinie (*Nandinia binotata*) ; Panthère (*Panthera pardus*) ; Civette (*Viverra civetta*) ; Genette commune (*Genetta genetta*) ; Pangolin géant (*Manis gigantea*) ; Pangolin à écailles

tricuspidés (*Manis tricuspidis*), Pangolin à longue queue (*Manis tetradactyla*) et l'Athérure (*Atherurus atherurus*) (CNIAF, 2005).

La zone d'étude est caractérisée par une densité de population assez élevée (10 hbts/km²) et les activités anthropiques notamment la pratique de la culture sur brûlis y est développée.

Méthode de collecte de données

Les données collectées pour évaluer l'impact de l'âge de la jachère sur la dynamique de la végétation ligneuse a été réalisée à partir des inventaires floristiques dans les zones postes exploitation forestières et agricoles âgés de 6 ans et 13 ans. Les jachères postes culturales ont été recensées au cours des enquêtes auprès de quelques populations agricoles de certains villages ainsi que les informateurs clés des sites concernés par cette étude. Lors de ces enquêtes, le parcours de ces jachères avec les personnes sus-indiquées ont permis d'identifier les âges de chaque jachère. Par contre, celles issues des activités postes exploitation forestière ont été suivies à partir des différents plans des Assiettes Annuelles de Coupes des années antérieures avec l'assistance de la société attributaire de cette Unité Forestière d'Exploitation. Les unités de collectes de données sont constituées par quatre parcelles d'inventaires de 50 m x 50 m par âge, au sein desquelles seize (16) sous-parcelles de 25 m x 25 m et vingt-quatre (24) sous-parcelles de 12,5 m x 12,5 m ont été matérialisées sur une superficie d'un (01) hectare par âge.

L'approche suivi pour les inventaires des ligneux a pris en compte la strate inférieure et la strate supérieure (Philippe et Jacques, 2010). L'identification et le dénombrement des arbustes ont été fait à partir de hauteur supérieure ou égale à 1,5 m du sol et du diamètre < à 5 cm dans les sous parcelles de 12,5 m x 12,5 m constituant la strate inférieure et la mesure des arbres à partir de diamètre supérieur ou égal à 5 cm et d'hauteur variable dans les sous-parcelles de 25 m x 25 m constituant la strate supérieure. Les espèces ligneuses dénombrées dans chaque unité de comptage ont été enregistrées dans les fiches de comptage avec leur indication (essence pour les arbustes et essence, diamètre ainsi que la hauteur pour les arbres de diamètre \geq 5 cm). Les espèces qui n'ont pas été identifiées ont fait l'objet de prélèvements des échantillons et dont l'identification a été faite à l'Institut de Recherche en Sciences Exactes et Naturelles (IRSEN) de Brazzaville

La nomenclature adoptée pour les familles est celle d'APG IV (2016).

Méthodes d'analyse et de traitement de données

Les données collectées sur le terrain après codification et vérification des fiches au laboratoire ont été dépouillées et saisies sur des classeurs Excel pour le traitement. Les caractéristiques structurales et floristiques ont été étudiées pour les deux âges. Pour les caractéristiques structurales seuls les

individus de diamètre ≥ 5 cm ont été retenus. Par ailleurs, les caractéristiques floristiques ont pris en compte les individus de diamètre < 5 cm et ceux de diamètre ≥ 5 cm, de même que la répartition des individus par classe de diamètre. Le test statistique ANOVA a été appliqué sur ces différents paramètres pour obtenir leur moyenne et l'erreur type, excepté l'Indice de Valeur d'Importance et l'indice de Sorensen.

La P-Value a été appliquée sur les moyennes, afin de montrer la significativité ou non des résultats, selon qu'elle est $> 0,05$, cette valeur est jugée non significative et $< 0,05$ cette valeur est jugée significative.

❖ Principales caractéristiques structurales

● Densité moyenne des arbres par âge

La densité moyenne de tiges a été employée afin d'évaluer l'effectif des individus à l'échelle de l'unité de la superficie étudiée. Elle est déterminée par le nombre de tiges à l'hectare (Konan et al., 2015) et s'évalue par la formule suivant l'équation (1) :

$$N = n/S \quad \text{Équation (1)}$$

Où

N = la densité moyenne des tiges ; n = est le nombre total d'individus inventoriés dans le biotope et S = l'aire totale échantillonnée dans le milieu.

● Diamètre moyen des arbres par âge

Le Diamètre moyen a été utilisé pour apprécier le degré de régénération des arbres par âge dans les deux sites. Il se traduit par le rapport entre la somme des diamètres à 1,30 m au-dessus du sol, de tous les individus d'arbres, par le nombre total d'individus rencontrés au niveau du biotope (Konan et al., 2015). Il est calculé par l'équation (2).

$$Dm = \sqrt{\sum_i^n di/n}$$

Equation (2)

Dm est le diamètre moyen ; d est le diamètre à 1,30 m au-dessus du sol de l'arbre i du peuplement et n le nombre total d'individus rencontrés dans le biotope.

● Répartition des arbres par classes de diamètre

Pour montrer la répartition des tiges par classes de diamètre, les données collectées lors de ces inventaires ont été réparties en classes dans les deux sites de travail, allant de cinq en cinq suivant la chronologie suivante

Tableau 1. Classes de diamètre observées

Classe 0 : [$\Phi < 5$]
Classe I : [5-9,99]
Classe II : [10-14,99]
Classe III [15 – 19,99]
Classe IV [20 - 24,99]
Classe V [25 – 29,99]
Classe VI [30 – 34,99]
Classe VII [35 – 39,99]
Classe VIII [40 – 44,99]
Classe IX [50 – 54,99]
Classe X [55 – 59,99]
Classe XI [60 – 64,99].

- **Hauteur moyenne des arbustes et arbres par âge**

La hauteur moyenne correspond au rapport entre la somme des hauteurs de tous les individus, par le nombre total d'individus rencontrés au niveau du biotope. Il est calculé par l'équation (2). Elle a été retenue afin de caractériser la dynamique de la végétation ligneuse par âge sur le plan vertical. Où Hm est la Hauteur moyenne prend en compte la hauteur de chaque individu par âge et le Nombre total de tiges du peuplement (n) . Elle est calculée par l'équation (3).

$$Hm = \sqrt{\sum_i^n hi/n}$$

Equation (3)

(Konan et al., 2015) pour le calcul du diamètre moyen modifié et formulée pour le calcul de la hauteur moyenne.

- **Surface terrière moyenne des arbres par âge**

La surface terrière moyenne des arbres par âge afin de caractériser la dynamique spatiale qu'occupe ce peuplement dans les unités ayant fait l'objet du dénombrement (Didier et Jacques, 1995). Selon (Gaudin, 1996), la surface terrière moyenne du peuplement (g_m) est le rapport entre la surface terrière (G) et la densité (d).

$$gm = \frac{G}{d}$$

Equation (4)

- **Indice de Valeur d'Importance**

L'Indice de Valeur d'Importance (IVI) par espèces et/ou famille accule la densité relative, la dominance relative et la fréquence relative et traduit en

réalité la place qu'occupe chaque espèce et/ou famille par rapport à l'ensemble des espèces et/ou famille.

IVI (Espèce)= Densité relative + Dominance relative + Fréquence relative
Equation (5)

IVI (Famille)= Densité relative + Dominance relative + Fréquence relative
Equation (6)

❖ Principales caractéristiques floristiques

● Indice de Shannon

L'indice de Shannon tient compte de l'abondance proportionnelle de l'espèce ($p_i = n_i/N$), nombre total d'espèces (S), le nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon (n_i) et le nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon (N). La valeur de cet indice tend vers 0, si l'ensemble du peuplement contient une seule espèce et égale à 5 si toutes les espèces renferment le même nombre d'individus.

$$\text{Shannon } H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Equation (7)

● Indice d'équitabilité

L'indice d'équitabilité renseigne sur l'indice de Shannon (H') en rapport de la Diversité maximale (H_{max}). Cet indice tend vers zéro lorsqu'une seule espèce domine largement le peuplement et elle est égale à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Masharabu et al., 2010; Rocklin, 2002).

$$\text{Equitabilité } E = \frac{H'}{H_{max}}$$

Equation (8)

● Indice de Simpson

L'indice de Simpson traduit le nombre d'individus de l'espèce donnée (N_i) en rapport du nombre total d'individus (N). La valeur de cet indice tend vers 0 pour indiquer le maximum de diversité et vers 1 pour indiquer le minimum de diversité (Grall et Hily, 2003; Marcon, 2015 ; Miabangana & Malaisse, 2020).

$$\text{Simpson} = \frac{\sum_{i=1}^S N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Equation (9)

- **Coefficient de Sorensen**

Le Coefficient de Sorensen K (%) traduit le Nombre d'espèces de la parcelle (A), comparé au Nombre d'espèces de la parcelle (B) en rapport du Nombre total des espèces communes aux parcelles A et B. Il montre que deux espèces appartiennent à la même communauté végétale lorsque le K est supérieur à 50 %.

$$K (\%) = \frac{2C}{A + B} \times 100$$

Equation (10)

Resultats

Principales caractéristiques floristiques

- **Indices moyens de Shannon, Equitabilité et Simpson**

Le tableau 1, présente la diversité ligneuse à partir des indices moyens de Shannon, Equitabilité et Simpson dans les forêts dégradées âgées de six ans puis treize ans. La moyenne de ces indices varie entre $4,59 \pm 0,17$ dans les forêts dégradées à 6 ans à $3,99 \pm 0,08$ dans celles à 13 ans pour Shannon. Par ailleurs, celle de l'Equitabilité entre $0,73 \pm 0,01$ à 13 ans à $0,76 \pm 0,01$ à 6 ans. Enfin, pour Simpson entre $0,07 \pm 0,01$ à 6 ans et $0,13 \pm 0,02$ à 13 ans.

L'analyse statistique ne révèle pas de différences significatives pour l'indice de Shannon, et l'indice d'équitabilité avec une P-Value respective de 0,2 pour Shannon et 0,07 pour l'indice d'équitabilité. Par contre, cette différence est significative avec l'indice de Simpson avec une P-Value de 0,03.

Tableau 1. Indices moyens de biodiversité pour les arbres et arbustes dans les forêts de six ans et treize ans

Paramètres	6 ans	13 ans	P-Valeur
Shannon	$4,59 \pm 0,17$	$3,99 \pm 0,08$	0,2
Equitabilité	$0,76 \pm 0,01$	$0,73 \pm 0,01$	0,07
Simpson	$0,07 \pm 0,01$	$0,13 \pm 0,02$	0,03

- **Coefficient de Sorensen**

La valeur de l'indice de de similitude de Sorensen calculée pour les deux placettes d'âge différent est de 30,50% montrant ainsi que les deux placettes ont une composition floristique différente.

Principales caractéristiques structurale

Le tableau 2, présente les valeurs moyennes de la densité, du diamètre, de la hauteur et la surface terrière en fonction de l'âge des forêts. Il révèle que le diamètre moyen est estimé à $8,09 \pm 0,39$ cm dans les forêts de 6 ans à $10,02 \pm 0,76$ cm à celles de 13 ans. Par contre, la hauteur moyenne des arbres, est évaluée à $4,65 \pm 0,55$ m dans les forêts de 6 ans et à $10,2 \pm 0,90$ m dans les

forêts de 13 ans. Enfin la surface terrière moyenne dans les forêts de 6 ans est évaluée à $21,44 \pm 0,51 \text{ m}^2/\text{ha}$ à $11,71 \pm 0,94 \text{ m}^2/\text{ha}$ à celles de 13 ans.

L'analyse statistique ANOVA montre une différence significative pour le diamètre moyen dans les forêts à 6 ans et à 13 ans avec une P-Value de 0,02. Par ailleurs, il n'y a pas de différence significative pour la Hauteur moyenne et la Surface terrière moyenne avec une P-Value de 1,51 pour la hauteur moyenne et de 1,88 pour la surface terrière moyenne.

Tableau 2. Paramètres structuraux moyens

Paramètres dendrométriques	6 ans	13 ans	P-Valeur
Densité moyenne	$1861 \pm 181,52$	$973 \pm 118,19$	0,00
Diamètre moyen	$8,09 \pm 0,39$	$10,02 \pm 0,76$	0,02
Hauteur moyenne	$4,65 \pm 0,55$	$10,2 \pm 0,90$	1,51
Surface terrière moyenne	$21,44 \pm 0,51$	$11,71 \pm 0,94$	1,88

Les figures 3 et 4 présentent respectivement le nombre total de tiges par classe de diamètre dans les forêts dégradées à 6 ans et 13 ans.

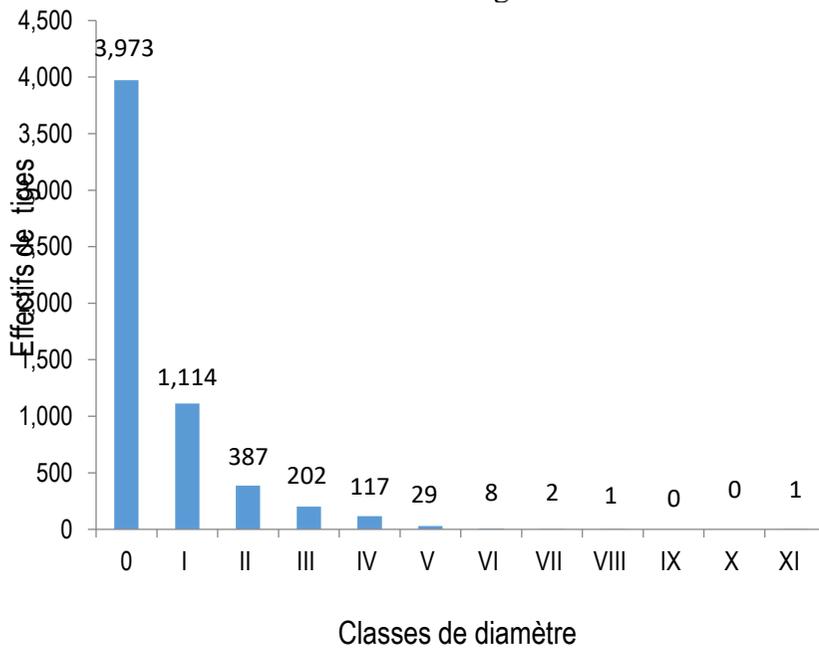


Figure 3. Effectifs de tiges par classe de diamètre dans les forêts dégradées de six ans

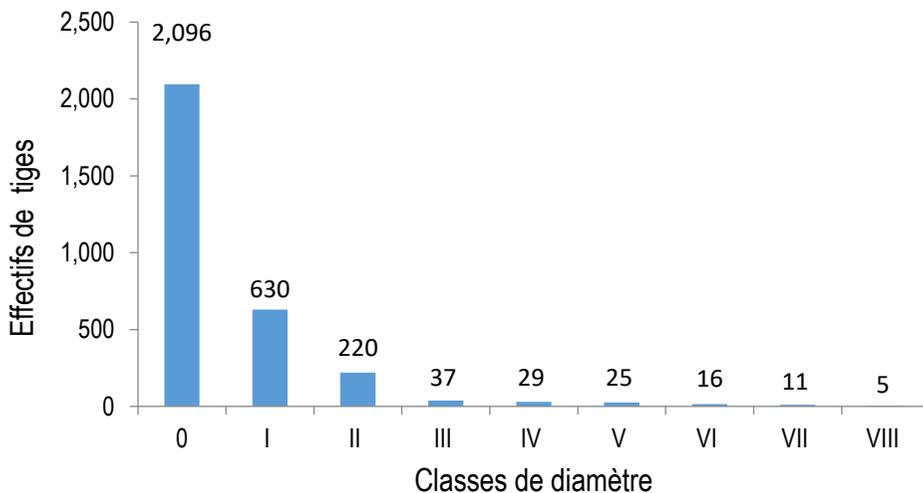


Figure 4. Effectifs de tiges par classe de diamètre dans les forêts dégradées de treize ans

Ces deux figures montrent une évolution en exponentiel décroissant avec une concentration d'individus dans les premières classes de diamètres. Ce qui témoigne d'une bonne régénération de la forêt.

- **Indices de valeur d'Importance par espèce**

L'observation du tableau 3, montre que dans les jachères de six (6) ans *Musanga cecropioides* R. Br. (40, 89 % à 68,13 %) suivie de *Macaranga monandra* Müll. Arg. (19,13 % à 8,39 %) et de *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir. (12,41 % à 8,20 %) sont les espèces les plus abondantes en termes de densité relative et de dominance relative. Par ailleurs, la fréquence relative montre que dix espèces notamment *Musanga cecropioides* R. Br. à *Oncoba welwitschii* Oliv., sont les mieux représentées avec une fréquence relative de (100 %). Enfin, l'Indice de Valeur d'Importance, révèle que trois de ces espèces ont une forte valeur écologique avec en tête *Musanga cecropioides* R. Br. (209,03 %) suivi de *Macaranga monandra* Müll. Arg. (127,52 %) et *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir. (120,61 %).

Par contre, les résultats révèlent que dans la jachère de 13 ans, *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir. (19,53 %), suivie de *Macaranga monandra* Müll. Arg. (10,17 %) et *Musanga cecropioides* R. Br. (8,43 %), présentent une densité relative la plus élevée. Par ailleurs, la dominance relative montre que *Musanga cecropioides* R. Br. (40,60 %), suivie de *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir. (13,27 %) et de *Macaranga monandra* Müll. Arg. (7,06 %) sont les plus abondantes. La fréquence relative montre que dix espèces notamment *Musanga cecropioides* R. Br. à

Anthocleista schweinfurthii Gilg sont les mieux représentées avec une fréquence relative de (100 %). Enfin, l'IVI, montre que les trois espèces précitées ont une forte valeur écologique avec en tête *Musanga cecropioides* R. Br. (149,03 %), suivie de *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir. (132,80 %) et de *Macaranga monandra* Müll. Arg. (117,24 %).

Tableau 3. Indice de Valeur d'Importance par espèce dans les forêts dégradées de six ans et treize ans

Age	Espèces	Dre	Dore	Fre	IVie
6 ans	<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	40,89	68,13	100	209,03
	<i>Macaranga monandra</i> Müll. Arg.	19,13	8,39	100	127,52
	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	12,41	8,2	100	120,61
	<i>Vernonia doniana</i> DC. = <i>V. conferta</i>	3,55	1,77	100	105,31
	<i>Dichostemma glaucescens</i> Pierre	2,53	0,76	100	103,28
	<i>Tetrorchidium didymostemon</i> (Baill.) Pax & K. Hoffm.	2,36	0,77	100	103,13
	<i>Macaranga spinosa</i> Müll. Arg.	2,1	0,98	100	103,08
	<i>Plagiostyles africana</i> (Müll. Arg.) Prain	1,5	0,51	100	102,01
	<i>Celtis adolfi-friderici</i> Engl.	0,59	0,71	100	101,3
	<i>Oncoba welwitschii</i> Oliv.	0,38	0,11	100	100,49
Age	Espèces	Dre	Dore	Fre	IVie
13 ans	<i>Musanga cecropioides</i> R. Br.	8,43	40,6	100	149,03
	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	19,53	13,27	100	132,8
	<i>Macaranga monandra</i> Müll. Arg.	10,17	7,06	100	117,24
	<i>Uapaca guineensis</i> Müll. Arg.	5,34	4,49	100	109,84
	<i>Dichostemma glaucescens</i> Pierre	5,65	2,43	100	108,09
	<i>Oncoba welwitschii</i> Oliv.	4,83	2,77	100	107,6
	<i>Vernonia doniana</i> DC. = <i>V. conferta</i>	5,04	1,82	100	106,86
	<i>Petersianthus macrocarpus</i> (P. Beauv.) Liben	3,91	2,73	100	106,63
	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	2,67	3,2	100	105,87
	<i>Anthocleista schweinfurthii</i> Gilg	2,88	1,62	100	104,49

- **Indices de valeur d'Importance par famille**

L'observation du tableau 4, montre dans les forêts âgées de six ans la densité relative et la dominance relative sont plus représentées par la famille de Urticaceae (40,89 % à 68,13 %), suivie des Euphorbiaceae (28,69 % à 11,74 %) et Hypericaceae (12,41 % à 8,20 %). Par contre, la fréquence relative montre que neuf familles notamment les Urticaceae à Salicaceae sont les mieux représentées avec une fréquence relative de (100 %). L'Indice de Valeur d'Importance, révèle que les neuf familles précitées ont une forte

valeur écologique avec en tête les familles des Urticaceae (209,03 %) suivi de celles des Euphorbiaceae (140,43 %) et Hypericaceae (120,61 %).

Par ailleurs, dans les forêts dégradées âgées de 13 ans, révèle que les Euphorbiaceae (20,76 %), suivie des Hypericaceae (19,53 %) et les Urticaceae (8,43 %), présentent une densité relative la plus élevée. Par contre, la dominance relative montre que les Urticaceae (40,60 %) étant les plus abondantes, suivies de celle des Hypericaceae (13,27 %) et des Euphorbiaceae (12,66 %). La fréquence relative montre que dix familles présentent une fréquence relative de (100 %) notamment les Urticaceae à celle de Gentianaceae. L'IVI, montre que les dix familles ci-dessus citées ont une forte valeur écologique avec en tête les familles des Urticaceae (149,03 %), suivie des Euphorbiaceae (133,42 %) et Hypericaceae (132,80 %).

Tableau 4. Indice de Valeur d'Importance par famille dans les forêts âgées de six ans et treize ans

Age	Familles	Drf	Dorf	Frf	IVIf
6 ans	Urticaceae	40,89	68,13	100	209,03
	Euphorbiaceae	28,69	11,74	100	140,43
	Hypericaceae	12,41	8,2	100	120,61
	Asteraceae	3,6	1,8	100	105,4
	Clusiaceae	2,47	1,24	100	103,71
	Burseraceae	1,13	1,8	100	102,93
	Cannabaceae	0,91	0,87	100	101,78
	Phyllanthaceae	0,7	0,23	100	100,93
	Salicaceae	0,43	0,12	100	100,55
	Rhamnaceae	2,69	1,58	75	79,27
Age	Familles	Drf	Dorf	Frf	IVIf
13 ans	Urticaceae	8,43	40,6	100	149,03
	Euphorbiaceae	20,76	12,66	100	133,42
	Hypericaceae	19,53	13,27	100	132,8
	Irvingiaceae	0,51	0,39	125	125,9
	Phyllanthaceae	9,66	6,67	100	116,33
	Salicaceae	6,99	3,71	100	110,7
	Fabaceae-Mimosoideae	5,45	4,84	100	110,28
	Asteraceae	5,04	1,82	100	106,86
	Lecythidaceae	3,91	2,73	100	106,63
	Gentianaceae	2,88	1,62	100	104,49

Discussion

L'analyse menée dans cette étude a été de déterminer la diversité floristique et structurale suivant l'âge de reconstitution de la végétation ligneuse, dans les forêts dégradées de l'Unité Forestière d'Exploitation Nyanga, située au Sud-Ouest de la République du Congo. L'inventaire floristique effectué sur une superficie d'un (1) hectare, de deux placettes d'âges différents dont une de 6 ans et l'autre de 13 ans, a permis d'identifier 5 834 individus appartenant à 117 espèces, 98 genres et 41 familles pour la première placette et de 3 069 individus, réparties en 60 espèces, 54 genres et 27 familles pour la seconde. Cette diversité ligneuse varie d'une placette à une autre suivant l'âge du peuplement. On note cependant que plus d'individus, d'espèces, genres et familles, ont été identifiés à six ans du fait que la canopée étant ouverte au-dessus des arbres, la pénétration de la lumière au sol a favorisé la germination et la croissance rapide des espèces héliophiles pionnières. Tandis que dans la jachère de 13 ans, la présence des grands arbres à cimes jointives crée d'autres conditions de germination et de croissance favorise des espèces à connotation sciaphile.

Caractéristiques structurales

L'analyse de la densité moyenne des arbres dans la forêt dégradée à six ans présente une densité moyenne plus forte d'individus d'arbres et arbustes avec $1861 \pm 181,52$ tiges /ha et plus faible à treize ans avec une densité moyenne de $973 \pm 118,19$ tiges /ha. La moyenne de la densité pour ces deux âges est largement supérieure à celle obtenue par Koubouana et al. (2018) dans la forêt dégradée du Nord Congo avec une moyenne de 574 tiges/ha. Pour Moutsamboté (1985), les différences de densité varient suivant les âges du peuplement en particulier du premier stade jusqu'au stade climax. Aussi, Tiokeng (2015) révèle que les différences de densité seraient dues aux facteurs tels que les sols, les précipitations et la compétition qui déterminent la diversité et la structuration de la végétation en relation avec les paramètres biotiques. De même, cette densité élevée à l'âge de six ans fait que, la surface terrière moyenne soit plus forte dans les forêts dégradées âgées de six ans avec $21,44 \pm 0,51$ m²/ha et faible dans les forêts dégradées âgées de treize ans avec $11,71 \pm 0,94$ m²/ha. Ces résultats rejoignent ceux de Konan (2015), qui a montré que plus le peuplement est constitué d'arbres de gros diamètre, plus sa surface terrière est élevée.

Selon (Gaudin, 1996), le diamètre moyen et la hauteur moyenne sont des critères qui permettent les travaux de Prévosto (2005), selon lesquels, la croissance diamétrique d'un arbre est dépendante de ses caractéristiques intrinsèques en particulier son patrimoine génétique et son stade de développement exprimé en termes d'âge ou de dimension.

La hauteur moyenne des arbres obéit également à cette théorie sur la croissance en diamètre des arbres, que les valeurs obtenues en hauteur des arbres soient plus élevées dans les forêts dégradées à l'âge de treize (13) ans avec $10,2 \pm 0,90$ m, que celles issues à l'âge de six (6) ans avec $4,65 \pm 0,55$ m par le biais des bourgeons terminaux.

La répartition des individus par classe de diamètre montre que plus d'individus des classes 0 et 1 les forêts dégradées à six ans que dans les forêts dégradées à treize ans. Les histogrammes de répartition des individus dans les deux stades de reconstitution de la forêt sont en forme de « L » témoignant de sa bonne régénération. Plusieurs auteurs ont parvenu à ce même résultat (Marra et al., 2012 ; Koubouana et al., 2015; Tiokeng, 2015 et Ndzai, 2020). Pour Pascal (2003), cette distribution traduit une bonne régénération de la forêt. A la lumière des résultats obtenus, une telle distribution diamétrique des individus ligneux indique un milieu perturbé, en pleine reconstitution comme l'affirme (Konan, 2015).

L'analyse de l'Indice de Valeur d'Importance révèle une forte représentativité des familles dans les forêts dégradées à l'âge de six ans plutôt que dans les forêts dégradées à l'âge de treize ans. Cela va de même que les espèces qui les constituent. Par ailleurs, pour les forêts dégradées des deux âges, les Moraceae (avec *Musanga cecropioides* R. Br.), Euphorbiaceae (avec *Macaranga monandra* Müll. Arg) et Hypericaceae (avec *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir). Ces espèces représentatives constituent le socle commun de la reconstitution de la forêt de l'UFE Nyanga accompagnées des espèces suivantes : *Vernonia doniana* DC. *Dichostemma glaucescens* Pierre, *Macaranga spinosa* Müll. Argz. et *Oncoba welwitschii* Oliv. Cette observation a été également faite par Ndzai (2020) au Nord Congo relevant la forte présence de *Musanga cecropioides* R. Br. et de *Macaranga monandra* Müll. Arg., parmi les espèces les plus abondantes dans ces forêts. Pour Koubouana et al. (2018), ces espèces sont qualifiées d'héliophiles et cicatrisent la forêt après une exploitation traditionnelle ou moderne. Selon Banzouzi (2021), la forte colonisation de ces espèces que l'on pourrait qualifier de pionnière et la raréfaction d'autres peut s'expliquer par les différences écologiques que présente le milieu en particulier le degré de dégradation forestière et d'ensoleillement.

Principales caractéristiques floristiques

Les valeurs moyennes des indices de Shannon, d'équitabilité et de Simpson étudiés diffèrent suivant les forêts dégradées des deux âges et sont plus élevées à six ans qu'à treize ans pour les indices de Shannon et d'équitabilité. Les valeurs élevées de l'indice de Shannon et ceux de l'indice de Piélou ou d'équitabilité qui sont proche de 1 montrent une grande diversité floristique et bonne répartition des espèces dans les différentes familles

recensées. La diversité est maximale c'est-à-dire aucun individu ne prend le dessus sur les autres (Bassatneh, 2006 et Boudelal, 2014)

La valeur de l'indice de similitude de Sorensen calculée est égale à 30,50% montre l'absence d'une affinité floristique entre les deux étapes de reconstitution de la forêt. Pour Adingra (2017), cette différence floristique s'explique par les écarts d'âges entre les deux jachères dans le processus de la dynamique de reconstitution forestière où les espèces pionnières disparaissent pour céder la place aux espèces de forêt adulte.

Conclusion et perspectives

Les objectifs fixés par ce travail étaient d'identifier les différences de composition floristique et de structure de deux étapes de reconstitution des forêts de l'UFE Nyanga exposées à l'exploitation industrielle de bois et à l'agriculture sur brûlis.

Sur le plan floristique, les valeurs des indices de Shannon et d'équitabilité obtenues ont montré une grande diversité floristique. Aucune espèce ni groupe d'espèces n'est au-dessus des autres. La valeur de l'indice de Sorensen calculée est inférieure à 50% indiquant une faible affinité floristique entre les deux étapes de reconstitution de la forêt, bien qu'ayant un fond commun d'espèces pionnières. Cette faible affinité floristique pourrait être expliquée par un important écart d'âge entre ces deux étapes de reconstitution forestière.

La répartition des tiges par classe de diamètre montre dans les deux types de jachères une prédominance des tiges dans la classe de diamètre zéro de diamètre inférieur à 5 cm mais avec plus de tiges à six ans qu'à treize ans. Ce fait témoigne d'une bonne régénération de la forêt. Ainsi, ces forêts qui sont en pleine dynamique de reconstitution, nécessitent que les mesures soient prises pour leur protection afin de les permettre d'atteindre le stade climax.

Contributions des auteurs

NGASSAKI OKA a participé à la collecte des données floristiques sur le terrain, le traitement des données a été fait par NGASSAKI OKA et Saint Fédriche NDZAI. Félix KOUBOUANA a assuré la supervision scientifique. Le manuscrit a été rédigé par NGASSAKI OKA, la lecture et les amendements ont été apportés par Saint Fédriche NDZAI et Félix KOUBOUANA.

Remerciements : Nos remerciements s'adressent aux étudiants MOUNDOKO MOBANGUI Edgard, OWOYA Brigitte, NGASSAKI Claudia et à l'expert botanique TSOGNELA Gilbert, qui ont facilité la collecte de données floristiques.

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. Adingra M.M.A.O., 2017. Dynamique du peuplement et stocks de carbone dans la mosaïque de végétation de la forêt classée de Bamo (Côte d'Ivoire). Thèse Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, 158 p.
2. Aubert G. et Segalen P., 1966. Projet de classification des sols ferrallitiques. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol., IV, 4, pp. 97-112.
3. Akossongo TJ. 2004. Rapport national sur la gestion durable des forêts au BurkinaFaso. Rapport MECV/BF, Burkina-Faso, 100 p
4. Banzouzi, M. H. M., 2021. Etude de régénération naturelle dans la forêt péri-urbaine de Koubola, dans le Département du Pool. Rapport pour l'obtention du Diplôme de Licence, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie, Université Marien NGOUABI, République du Congo, 53p.
5. Bassatneh A. C. M., 2006. Facteurs du milieu, gestion sylvicole et organisation de la biodiversité : les systèmes forestiers de la montagne de Lure (Alpes de Haute6province, France). Thèse de Doctorat, Discipline : Biologie des populations et écologie, Faculté de Sciences Techniques, Université Paul Cesanne AIX-Marseille III, 240p.
6. Boudelal M.A.B., 2014. Relations structures des peuplement forestiers-biodiversté au niveau du Parc National de Tlemcen. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Master, Option Ecologie, Gestion et Conservation de la Biodiversité. Faculté de Sciences de la Nature et de vie et des sciences de la terre et de l'univers, Université ABOU BEKR BELKAID-TLEMEN, 120p
7. Blondel J., 1995. La dynamique de la forêt naturelle - Les aspects écologiques : l'état des lieux. Forêt méditerranéenne t. XVt n° 3, pp: 239 - 249
8. CBD. 2001. Review of the status and Trends of, and Major Threats to, the Forest Biological Diversity. Montreal, 12-16 November 2001.
9. CBD. 2005. Report of the Inter-Sessional (Second) Meeting of the AHTEG on the Review of Implementation of the programme of work on Forest Biological Diversity. Montreal, 28 November – 2 December 2005. UNEP/CBD/SBSTTA/11/INF/2.

10. CNREDD, 2016. Niveau des Emissions de Référence pour les Forêts - République du Congo. Soumission au Secrétariat CCNUCC, 65p.
11. CIRAD, 2011. L'avenir des forêts tropicales un enjeu mondial.16p.
12. Didier B., 1998. La gestion des espèces ligneuses dans l'approvisionnement en énergie des populations : Cas de la zone soudanienne du Mali. Thèse pour obtenir le grade de Docteur en Géographie de l'Université de Toulouse – Le – Mirail. Volume I, 153 p.
13. Douma M., Wala K. AtsuG. K., Bellefontaine R., Deloporte P., Akpavi S., Batalawila K. et Akopagana P. 2012- Typologie, caractéristiques structurales et dynamique des faciès forestiers fragiles à *Isobertia* spp. en vue de leur gestion au Togo. Université de Lomé/Faculté des sciences/Laboratoire de botanique et écologie végétale de Lomé Togo, Cirad Umr Agap Montpellier, Cirad, SupAgro, Cirad-Inra-Ird-SupAgro Montpellier, pp : 19-34., \
14. FAO. 2015. Evaluation des ressources forestières mondiales : Comment les forêts sont gérées dans le monde. Répertoire de données de la FAO, Rome Italie, 23p. <https://www.fao.org/3/i4808f/i4808f.pdf>.
15. FAO, 2002b. Acte : Deuxième réunion d'experts sur l'harmonisation des définitions forestières à l'usage des différentes parties prenantes. Rome, 11-13 septembre 2002, OMM//GIEC/CIFOR/FAO/IUFRO/PNUE. Rome.
16. FAO., 2001. Evaluation des ressources forestières mondiales FRA 2000-Rapport principal. Rome
17. Fearnside P. 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences. *Conservation Biology*, 19(3): 680-688. DOI: 10.1111/j.1523- 1739.2005.00697
18. Gaudin S., 1996. Dendrométrie des peuplements : BTSA Gestion Forestière Module D42. 64p
19. GTGC., 2015. Rapport d'étude cartographique de l'UFE Nyanga, située dans l'UFA Sud 5 Mossendjo, Département du Niari République du Congo, 49p.
20. Grall J., & Hily1 C., 2003. Traitement des données stationnelles (Faune). 10p.
21. Kamungandu M. C., 2009. Etude de cas sur l'évaluation de la dégradation des forêts : la dégradation des forêts en République Démocratique du Congo. Document de travail 169 Rome, Italie, 23 p
22. Konan D, Bakayoko A., Trabi F.H., Bitignon B.G. A. & PIBA S. C. , 2015. Dynamisme de la structure diamétrique du peuplement ligneux des différents biotopes de la forêt classée de Yapo-Abbé, Sud de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 94:8869 – 8879.

23. Koubouana F., Ifo S.A. , Ndzai S.F, Stoffenne B., Mondzali-Lénguya. 2018. Étude comparative d'une forêt primaire et d'une forêt dégradée au Nord de la République du Congo par référence à la structure des forêts tropicales humides. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, Volume 11. PP. 11-25, ISSN : 2409-1693.
24. Koubouana F., Ifo S. A., Moutsamboté J. M., Banzouzi F. R. R., Akobé A., Ikama O. C., Mantota B. A., Dzai S., Mbemba M., 2015. Structure and Flora Tree Biodiversity in Congo Bassin : Case of Secondary Tropical Forest in Southwest of Congo-Brazzaville.
25. Locatelli B, Loisel C. 2002. Changement climatique : la vérité est-elle au fond du puits ? Une analyse des controverses sur les puits de carbone. *Natures Sciences Sociétés*, 10(4): 7–19. DOI: <https://doi.org/10.1051/nss/20021004007>
26. Masharabu T, Noret N., Lejoly J., Bigendako M. J., & Bogaert J., 2010. Étude comparative des paramètres floristiques du Parc National de la Ruvubu, Burundi. *Geo-Eco-Trop.*, 2010, 34 : 29 – 44.
27. Marion J. 2018. Le rôle de la diversité sur la stabilité des processus des écosystèmes forestiers en contexte de changement climatique. Thèse de Doctorat, AgroParis-Tech, Université de Montpellier, France, 361 p.
28. MEF., 2021. Focus sur la forêt en République du Congo. 4p.
29. MEFDDE, 2016. Stratégie nationale REDD+ de la République du Congo, 118 p.
30. Moutsamboté J-M., 1985. Dynamique de reconstitution de la forêt YOMBE. Thèse de doctorat, Dimonika, République du Congo, Université de Bordeaux III, 320p.
31. Ndzai, S. F., 2020. Comparaison entre les forêts tropicales adultes et les forêts secondaires de l'axe Impfondo-Dongou, Département de la Likouala, République du Congo. . Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master Recherche, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie, Université Marien NGOUABI, République du Congo, 53p. MEF/CIB., 2007. Plan d'aménagement de l'unité forestière d'aménagement -Pokola. République du Congo, 219p.
32. N'Guessan AE, Kassi N'J, Yao NO, Amani HKB, Gouli GZR, Pioniot C, Irie Bi CZ, Hérault B. 2019. Drivers of biomass recovery in a secondary forested landscape of West Africa. *Forest Ecology and Management*, 433: 325 – 331. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.11.021
33. OFAC et PFBC., 2010. Les forêts du Bassin du Congo : Etat des forêts. Editeurs : de Wasseige C., de Marcken P., Bayol N., 17p

34. PAGEF., 2011. Rapport préliminaire d'études cartographiques : Prestratification et plan de sondage de pre-inventaire de l'UFE Nyanga, située dans l'UFA Sud 5 Mossendjo, Département du Niari. République du Congo, 70p.
35. Prévosto B., 2005. Les indices de compétition en foresterie : exemples d'utilisation, intérêts et limites. *Revue Forestière Française*, 57 (5) : 413-430.<https://doi.org/10.4267/2042/5062>
36. Philippe D., et Jacques P., 2010. Prairies et pâturages : Méthode d'étude de terrain et interprétation. 115 p.
37. Rocklin D., 2002. Etude comparative de différents indices de diversité (indice de Shannon, indices taxonomiques) sur les peuplements de poissons lagunaires. Université de Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc, Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes, Mémoire d'Initiation à la Recherche, 48p.
38. Rarivoson NTJ. 2019. Quantification de la biomasse aérienne et évaluation du stock de carbone par la méthode de régression allométrique: cas de la forêt haute littorale de Tampalo (Madagascar). Mémoire de Licence, Université d'Antananarivo, Antananarivo, 59 p.
39. Roxane S. 2015. Evaluation de la capacité adaptative des socio-écosystèmes forestiers français face au changement climatique : le cas de la migration assistée. Mémoire de Biodiversité et Ecologie, Université Paris Saclay (COMUE), 56 p
40. Taonda A., N'guessan A. E. et N'dja Kassi J. Dynamique de reconstitution de la biodiversité végétale de la forêt classée de Foubou (Nord de la Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 15(6): 2607-2624.<https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i6.28>,
<http://ajol.info/index.php/ijbcs> <http://indexmedicus.afro.who.int>
41. Tiokeng B., Mapongmetsem PM., Nguetsop V. F. et Ndam Tacham W. 2015. Biodiversité floristique et régénération naturelle sur les Hautes Terres de Lebialem (Ouest Cameroun). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(1): 56-68, February 2015. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631.
42. Troupin, G., 1956. Flore des Spermatophytes du Parc National de la Garamba, I. Gymnospermes et Monocotylédones, in exploration du Parc National de la Garamba, pp 221-227.
43. WRI, 2012. Atlas forestier interactif du Congo Version 3.0 | Document de Synthèse ISBN 978-1-56973-792-7.
44. WRI., 2007. Atlas forestier interactif du Congo version 1 : Document de synthèse. Washington, DC : WRI. Editeur Alex Martin, 3 p.



The Role of the Educational Program in Reducing the Child's Anxiety at the Dentist

Ramona Vlad, Lecturer, DMD, PhD

Department of Odontology and Oral Pathology, Faculty of Dental Medicine,
George Emil Palade University of Medicine, Pharmacy, Science, and
Technology of Târgu Mureș, Romania

Adriana Mihai, Associate Professor, MD, PhD

Department of Psychiatry, Faculty of Medicine, George Emil Palade
University of Medicine, Pharmacy, Science, and Technology of
Târgu Mureș, Romania

Monica Monea, Professor, DMD, PhD

Department of Odontology and Oral Pathology, Faculty of Dental Medicine,
George Emil Palade University of Medicine, Pharmacy, Science, and
Technology of Târgu Mureș, Romania

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p303](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p303)

Submitted: 16 August 2023

Accepted: 28 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Ramona V., Adriana M. & Monica M. (2023). *The Role of the Educational Program in Reducing the Child's Anxiety at the Dentist*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 303.
<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p303>

Abstract

The objective of the study was to create and implement an educational program with the aim of reducing children's anxiety at the dentist. The study began with the hypothesis that the implementation of an educational program can lead to a decrease in the level of dental anxiety among children. The sample included 196 children (experimental group of 95 children and control group of 101 children), primary school pupils. The educational program was structured in the form of twelve PowerPoint presentations, focusing on three essential themes. These were: the importance of oral hygiene, methods and techniques used for good oral hygiene and the role of nutrition in maintaining healthy teeth. The methods used were the questionnaire, PowerPoint presentations, semi-structured interviews, demonstrations and exercises. A questionnaire was applied and saliva was taken to determine immunoglobulin A, both at the beginning and at the end of the study. In the experimental group,

there were statistically significant differences between the initial and final results of both the questionnaire and immunoglobulin A testing ($p < 0.05$). There were no statistically significant differences in the control group ($p > 0.05$). Following the interpretation of the results, the hypothesis was confirmed according to which the implementation of an educational program can lead to a decrease in the level of dental anxiety in children.

Keywords: School children, dental anxiety, immunoglobulin A, educational program

Introduction

Dental anxiety and fear-related behaviors are challenging aspects of pediatric dentistry (Majstorovic & Veerkamp, 2004). The association of dental anxiety with poor oral health makes the intervention of the dentist necessary in the identification and treatment of children's dental problems from an early stage. Although there are a number of methods available to the dentist, successfully managing the dental procedure for a child with dental anxiety takes time, effort and experience (Ashkenazi et al., 2002).

Dental anxiety sometimes leads to a range of uncooperative or disruptive behaviors before or during dental procedures, called dental behavior management problems. These lead to stressful and unpleasant experiences for both the child and the dentist (Buchanan & Niven, 2002). Additionally, dental anxiety has been shown to have a consistent impact on pain throughout dental treatment, and this type of anxiety, respectively dental behavior management problems are associated with children's dental caries, resulting in a vicious cycle (Lin et al., 2017, Alsadat et al., 2018).

Dental anxiety ranges from very low to high and interacts with the urgency of dental treatment. Therefore, different approaches to reducing anxiety should be correlated with the level of anxiety (Armfield & Heaton, 2013, Newton et al., 2012). Although pharmacological interventions may be used to manage high anxiety, such as anesthesia or sedation, dentists generally use communication, behavioral and psychological techniques to manage high or moderate dental anxiety in children and to achieve a high quality of dental treatment. These include methods and techniques such as *Tell-Show-Do*, voice control, distraction, music, educational programs, modeling and restraint (Goettems et al., 2017). Of these methods, some require specialist training, others cause psychological trauma to children and most are initiated only before or during dental treatment.

Experiential learning is an innovative learning technique by which knowledge or skills are acquired through the experience of participating in real or simulated practical activities. This is based on the theory that one can generalize an experience through reflective observation and then move on to

action. Active and personalized learning are components of experiential learning (Kolb, 2014).

Experiential learning has been used effectively in improving knowledge, attitude and behavior change in health education and has recently been introduced to promote children's oral health, resulting in better oral hygiene (Matthews et al., 2014, Angelopoulou et al., 2015).

Material and Methods

This experimental study was conducted between September 2019 and February 2020 in a group of 196 children (experimental group of 95 children and control group of 101 children). The children are pupils of the "Nicolae Balcescu" Secondary School in Târgu Mureş. Inclusion criteria were age between 6 and 11 years, urban environment and similar socio-economic status. Non-cooperative children, those undergoing drug treatment and children whose parents did not agree to participate in the study were excluded from the study.

The PowerPoint presentations on the importance of oral hygiene covered topics related to: the morphology of the teeth, the appearance of caries and the reasons behind this process, as well as the importance of periodic control and the consequences of postponing dental treatment.

To maintain good oral health, the correct brushing technique and the use of dental floss were presented. It was explained to the children the need to brush their teeth regularly and the consequences of not following oral hygiene rules. With the help of dental models, the correct brushing was exemplified, after which the children demonstrated that they understood the technique. There have been discussions about the need to floss to clean the interdental areas. These activities sought to enhance children's understanding of the importance of oral hygiene to eliminate the risk of tooth decay.

The PowerPoint presentations were followed by the virtual tour of the dental office, with the aim of familiarizing the children with the instrumentation and how it works. Following the activities carried out, "doctor-patient" role playing games were organized in which the children imitated the use of dental instruments and discussions were held about the benefits of visiting the dental office.

Regarding the importance of nutrition for healthy teeth, the foods that form the basis of a balanced diet and provide an optimal intake of nutrients have been presented. Children were explained the consequences of excessive consumption of sweets, as well as the importance of eating fruits and vegetables.

A questionnaire was applied to the children at the beginning and at the end of the educational program. It included 10 questions (nine closed questions and one open question) that looked at the children's perception of

the dental act. At the same time, both at the beginning of the educational program and at the end of it, saliva was collected in order to determine immunoglobulin A. Saliva samples were taken from a number of 150 children (experimental group of 75 children and control group of 75 children), because 46 of the parents did not give their consent for this.

The saliva samples were collected between 10 A.M. and 11 A.M., approximately two hours after the children had eaten and consisted of approximately 2 ml saliva stored at -20°C until evaluation. Special sterile containers (Sali-Tubes) were used for collection, and the oral cavity was rinsed with water 5 minutes before sampling.

The measurements were conducted using the Salivary IgA ELISA Assay Kit (DRG Instruments GmbH, Marburg, Germany) according to the manufacturer's instructions and took place at the Advanced Center for Medical and Pharmaceutical Research in Târgu Mureș. The range of detection varied between 22.20 and 94.95 $\mu\text{g}/\text{mL}$ for the experimental group, and for the control group between 22.54 and 95.07 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

The results were evaluated using the GraphPad Prism 8 for Windows (GraphPad Software, San Diego, CA, USA). The collected data was analyzed using the non-parametric qualitative chi-square test and the Student's t-test. The level of statistical significance was set to 0.05 ($p < 0.05$).

Results

In the experimental group, the number of children who went to the dentist for control or treatment of simple caries increased from 26.32%, before the program, to 45.26%, after the program ($p=0.01$) (Figure 1).

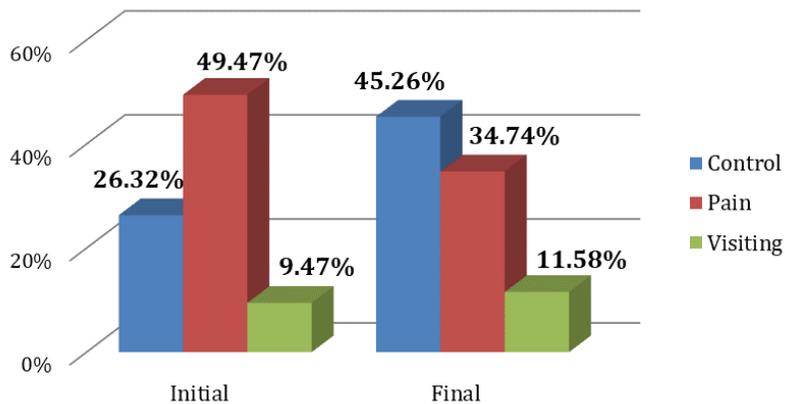


Figure 1. Distribution of answers regarding the purpose of the first visit to the dentist (Experimental Group)

In the case of fear of medical equipment, the percentage of children who fear it has decreased (64.21% compared to 23.16%, $p=0.0001$). Also, when asked about the fear of injection, the percentage of children who show fear decreased (70.53% compared to 21.05%, $p=0.0001$) (Figure 2 and 3).

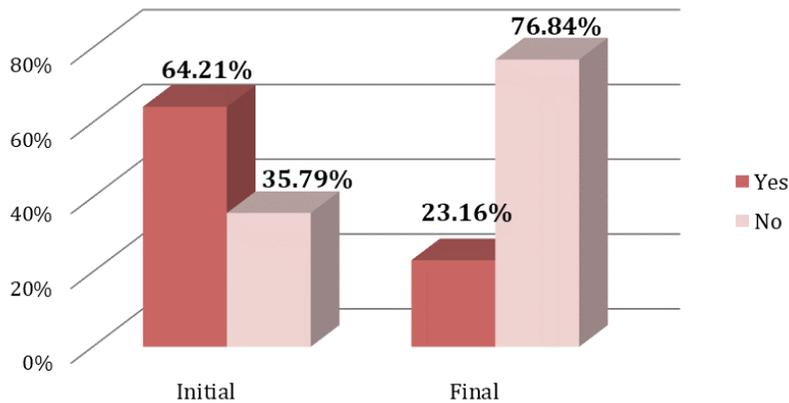


Figure 2. Distribution of responses regarding fear of medical equipment (*Experimental Group*)

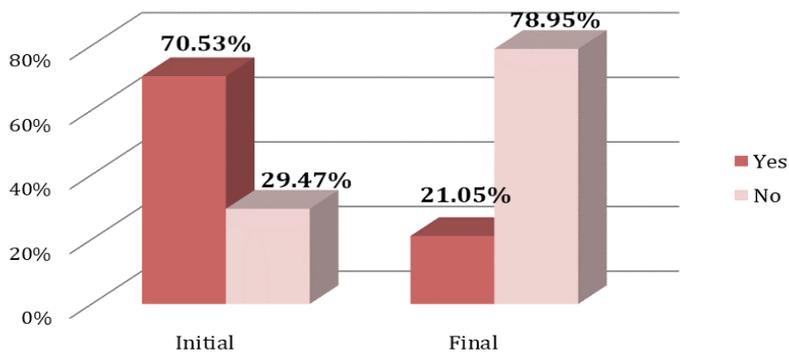


Figure 3. Distribution of responses regarding fear of injection (*Experimental Group*)

When asked about the intention to visit the dentist's office, the number of children who want to go to the dentist weekly increased (from 15.79% to 29.47%, $p=0.03$), same for those who want to visit the dental office monthly (from 18.95% to 48.42%, $p=0.002$) (Figure 4).

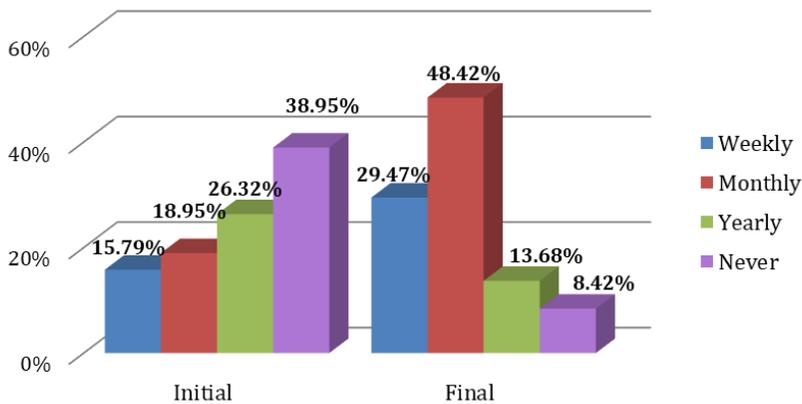


Figure 4. Distribution of answers regarding the intention to visit the dental office (*Experimental Group*)

At the end of the educational program, the number of children who declared that they no longer have dental problems increased by 20% ($p=0.007$) (*Figure 5*).

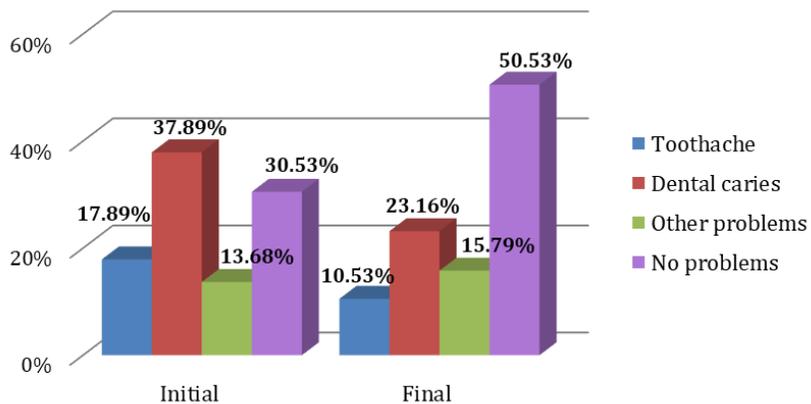


Figure 5. Distribution of responses regarding current dental problems (*Experimental Group*)

There were no statistically significant differences in the control group ($p>0.05$).

Immunoglobulin A values in the experimental group showed statistically significant differences, following the educational program ($p=0.0001$) (*Figure 6*).

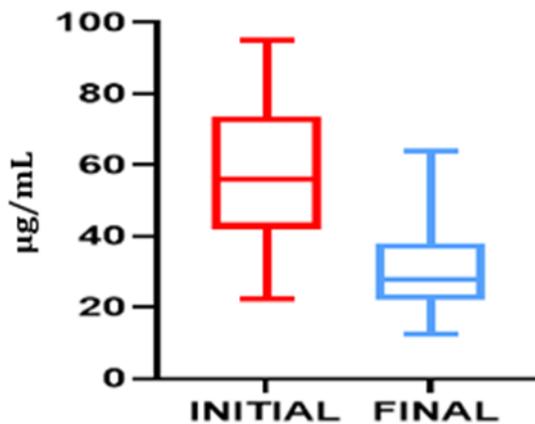


Figure 6. Distribution of immunoglobulin A values (*Experimental Group*)

There were no statistically significant differences in the control group ($p=0.11$) (*Figure 7*).

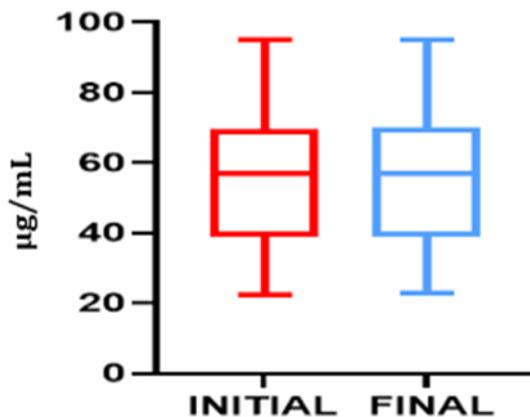


Figure 7. Distribution of immunoglobulin A values (*Control Group*)

Discussion

In order to identify the level of children's anxiety at the dentist, the children's responses to the questionnaire and the values of the salivary biomarker IgA were compared. The efficiency of the educational program was demonstrated by the statistically significant differences recorded in the experimental group, between the initial and final results.

It has been shown that fear of dental instruments can be reduced by introducing them and role playing with them. Thus, the percentage of children who are afraid of dental instruments has decreased. Also, the children's answers showed that at the end of the educational program, the number of those who fear getting an injection decreased. This idea also emerges from the children's answers to the open question of the questionnaire (question number 10 "Write three reasons why you would not want to go to the dentist").

Initially, the children stated that the reasons why they would not want to go to the dentist are the fear of injections, the smell in the dental office and the noise produced by the dental equipment. After the educational program, many children no longer answered this question. Similar results were also reported by Zhu et al. (2020) who showed that experiential learning at school, prior to the dental visit, is feasible and effective in reducing children's dental anxiety during dental treatment.

The children were introduced to both dental instruments and procedures and were invited to role play in a simulated dental office. They were also allowed to familiarize themselves with dental instruments and simulate dental procedures. Radhakrishna et al. (2019) showed that modifying the *Tell-Show-Do* technique, by adding a learning through play component, led to lower dental anxiety scores.

As a result of the educational program, the number of children who went to the dentist for control or treatment of simple caries increased. Also, the number of children who want to visit the dental office every month has also increased. The results recorded at the end of the educational program showed that following the gradual familiarization with the instruments and the atmosphere in the dental office, the level of dental anxiety among children in the experimental group decreased. A similar idea is found in a study by Alaki et al. (2017). They showed that children who come to the dentist for the first time may show anxiety before the consultation. There are also situations where returning patients may have higher levels of anxiety than new patients if they have had a traumatic dental experience.

Comparing the initial and final results of the questionnaire applied to the control group, it was observed that there were no statistically significant differences. The fidelity of children's answers to the questionnaire is confirmed by the results of immunoglobulin A, which indicated lower values at the end of the experiment in the experimental group. Ohura et al. (2012) showed that the salivary biomarker IgA indicated a significant increase in dental treatment stress compared to alpha-amylase.

It is necessary to create and implement educational programs addressed to children and parents, for them to understand the need to respect oral hygiene and the importance of regular dental check-ups. The progress of dental medicine, both in terms of equipping dental offices with modern equipment and advanced working techniques, combined with a friendly attitude of the dentist, contributes to the increase in the number of those who will trust the dental act. These will help to reduce the fear, and can greatly contribute to its disappearance.

Conclusion

The final answers of the children in the experimental group showed that following the educational program it increased the desire to go to the dentist more often. The children understood the need to visit the dentist, even just for a check-up, and the importance of treating caries in the early stages. Through the presentations and discussions that followed, the children discovered the importance of following the rules of oral hygiene and a proper diet for good oral health. The children's responses showed that the fear of medical equipment and injections decreased. Results of the salivary biomarker IgA showed the same decreasing trends in the number of children who fear the dental act.

In the control group, the initial results were similar to the initial results of the children in the experimental group. In the absence of the educational program, there were no statistically significant differences between the final and initial results.

The hypothesis was confirmed by the results of the study which showed that educational programs carried out in schools or dental offices can influence children's perception of the dental act, leading to a decrease in anxiety among them.

Human Studies

The study was conducted according to the Declaration of Helsinki and was approved by the Ethics Committee of the George Emil Palade University of Medicine, Pharmacy, Science, and Technology of Târgu Mureş (No. 520/21.11.2019). Written consent was signed by parents or legal representatives, and children were also asked if they agreed to participate in this study.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

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

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

References:

1. Alaki S. M., Safi A., Ouda S., Nadhreen A. (2017). Comparing dental stress in new child patients and returning patients using salivary cortisol, Immunoglobulin-A and alpha-Amylase. *J Clin Pediatr Dent*, 41(6), 462-466. <https://doi.org/10.17796/1053-4628-41.6.8>
2. Alsadat F. A., El-Housseiny A. A., Alamoudi N. M., Elderwi D. A., Ainos A. M., Dardeer F. (2018). Dental fear in primary school

- children and its relation to dental caries. *Niger J Clin Pract*, 21(11), 1454-1460. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_160_18
3. Angelopoulou M. V., Kavvadia K., Taoufik K., Oulis C. J. (2015). Comparative clinical study testing the effectiveness of school based oral health education using experiential learning or traditional lecturing in 10 year-old children. *BMC Oral Health*, 15:51. <https://doi.org/10.1186/s12903-015-0036-4>
 4. Armfield J. M., Heaton L. J. (2013). Management of fear and anxiety in the dental clinic: a review. *Aust Dent J*, 58(4), 390-407. <https://doi.org/10.1111/adj.12118>
 5. Ashkenazi M., Faibish D., Sarnat H. (2002). Dental fear and knowledge of children treated by certified pediatric dentists and general practitioners. *ASDC J Dent Child*, 69(3), 297-305. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12613316/>
 6. Buchanan H., Niven N. (2002). Validation of a Facial Image Scale to assess child dental anxiety. *Int. J. Paediatr. Dent*, 12(1), 47-52. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11853248/>
 7. Goettems M. L., Zborowski E. J., Costa F. D., Costa V. P., Torriani D. D. (2017). Nonpharmacologic intervention on the prevention of pain and anxiety during pediatric dental care: a systematic review. *Acad Pediatr*, 17(2), 110-119. <https://doi.org/10.1016/j.acap.2016.08.012>
 8. Kolb D. A. (2014). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. 2nd Ed. USA: *Pearson FT Press*.
 9. Lin C. S., Wu S. Y., Yi C. A. (2017). Association between anxiety and pain in dental treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res*, 96(2), 153-162. <https://doi.org/10.1177/0022034516678168>
 10. Majstorovic, M., Veerkamp J. S. (2004). Relationship between needle phobia and dental anxiety. *J Dent Child*, 71(3), 201-205. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15871453/>
 11. Matthews J. I., Zok A. V., Quenneville E. P., Dworatzek P. D. (2014). Development and implementation of FRESH - a post-secondary nutrition education program incorporating population strategies, experiential learning and intersectoral partnerships. *Can J Public Health*, 105(4), 306-311. <https://doi.org/10.17269/cjph.105.4481>
 12. Newton T., Asimakopoulou K., Daly B., Scambler S., Scott S. (2012). The management of dental anxiety: time for a sense of proportion?. *Br Dent J*, 213(6), 271-274. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2012.830>
 13. Ohura K., Nozaki T., Shinohara M., Daito K., Sonomoto M., Daito M. (2012). Utility of salivary biomarker for stress induced by dental

- treatment. *Japanese Dental Science Review*, 48, 14-17.
<https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2011.06.001>
14. Radhakrishna S., Srinivasan I., Setty J. V., MK D. R., Melwani A., Hegde K. M. (2019). Comparison of three behavior modification techniques for management of anxious children aged 4-8 years. *J Dent Anesth Pain Med*, 19(1), 29-36.
<https://doi.org/10.17245/jdapm.2019.19.1.29>
15. Zhu M., Yu H., Xie B., Li H., He Q., Li H., Su J., Li X. (2020). Experiential learning for children's dental anxiety: a cluster randomized trial. *BMC Oral Health*, 20(1), 216.
<https://doi.org/10.1186/s12903-020-01204-5>



Study of *Escherichia coli* as a Cause of Diarrhoea in the Ashanti Region of Ghana

Frank Awuah, MSc

Kwame Nkrumah University of Science and Technology (KNUST),
Kumasi, Ghana

Abetifi Presbyterian College of Education, Abetifi Kwahu

Mathew Glover Addo, PhD

Linda Aurelia Ofori, PhD

Kwame Nkrumah University of Science and Technology (KNUST),
Kumasi, Ghana

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p314](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p314)

Submitted: 20 June 2023

Accepted: 20 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Awuah F., Addo M.G. & Ofori L.A. (2023). *Study of Escherichia coli as a Cause of Diarrhoea in the Ashanti Region of Ghana*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 314.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p314>

Abstract

Even though diarrhoeagenic *Escherichia coli* (*E. coli*) is accepted worldwide as essential diarrhoea-causing agent, especially among children, routinely they are not sought as a stool sample pathogen in many microbiological laboratories. The conventional biochemical means are not able to differentiate *E. coli* which is a normal flora in the gastrointestinal tract from the pathogenic strains. This research work sought to detect and identify diarrhoeagenic *E. coli* in the Ashanti region of Ghana by using conventional multiplex PCR. A convenient sampling method was employed to select a total of 502 patients from Ashanti Regional and St. Michael's Hospitals for the study. In all, five pathotypes of diarrhoeagenic *E. coli* were detected with enterotoxigenic *E. coli* (ETEC) as the most frequent. The target genes considered for each group of diarrhoeagenic *E. coli* were *eaeA* (*E. coli* attaching- effacing) and *bfpA* (bundle forming pilus A) for enteropathogenic *E. coli* (EPEC), *elt* and *Stla* for enterotoxigenic *E. coli* (ETEC), *ial* for enteroinvasive *E. coli* (EIEC), *CVD432* for enteroaggregative *E. coli* (EAEC), and *hlyA* for enterohaemorrhagic *E. coli* (EHEC). Generally, some of the participants (31.08% = n/N= 69/222) exhibited symptoms of diarrhoea while

others did not (68.92% = $n/N = 153/222$), although they were positive for the pathotypes. The virulence factors considered were seen as contributory factors to the symptomatic situations. Participants in the ≤ 5 and ≥ 42 -year groups were seen to be more vulnerable to diarrhoea. Additionally, it was discovered that men were more susceptible to diarrhoea than women. The study therefore recommends more studies into the ≥ 42 -year group not neglecting that of children. In addition, this current study suggests the routine utilization of molecular methods such as conventional multiplex PCR to identify and detect the pathotypes of *E. coli* causing diarrhoea.

Keywords: *E. coli*, diarrhoeagenic *E. coli*, diarrhoea, virulence factors, pathotypes

Introduction

Diarrhoea is a pathogenic disease that can affect individuals of all ages (Schiller, 2019). It is the second leading killer of children, and nearly one in every five children under the age of five dies as a result of dehydration, weakened immunity, or malnutrition associated with diarrhoea (UNICEF/WHO, 2012). Ahs et al. (2010) observed that diarrhoea due to infection is a major disease. Although, studies have led to a lot of progress in producing drugs against infectious agents, bacteria, viruses, fungi, and parasites, Florez et al. (2018) opine that infectious diseases cause by these organisms are still a major cause of socio-economic disturbances, disability, and death for millions around the world. In lower middle-income countries, of all medical conditions, diarrhoea is the second leading cause of healthy time lost to illness (72.8 million Disability Adjusted Life Years (DALYs)), and dehydration as a result of diarrhoea in 1.8 million death every year (Ahs et al., 2010; WHO, 2008). Even currently, the top 10 disorders that cause DALYs worldwide include diarrhoea (Behera and Mishra, 2022) and 1.8 million individuals in developing nations pass away annually from diarrhoeal diseases (Demissie et al., 2021).

Diarrhoeagenic *E. coli* is the leading cause of bacterial pediatric diarrhoea in developing regions (Canizalez-Roman, 2016; Msolo et al., 2020). Predominantly, *E. coli* is a normal flora in the gastrointestinal tract but in a situation of an immunocompromised and immunosuppressed human host or when the mucosal barrier between the gut and other normally sterile sites of the body is violated, even the normal nonpathogenic *E. coli* tend to be opportunistic (Yang et al., 2019). In such a situation, the patient is not able to limit this avirulence *E. coli* in their natural habitat.

Even so, certain *E. coli* strains have evolved adaption to cause a broad spectrum of human diseases in a more robust human host (Pakbin et al., 2021). Infections due to pathogenic *E. coli* may be limited to the mucosal surfaces or

can disseminate throughout the body. Urinary tract infections, sepsis or meningitis, and enteritis or diarrhoea are the three broad clinical syndromes due to infection as a result of strains of inherently pathogenic *E. coli* (Soltani et al., 2018; Zeljković, 2018).

Possession of fimbriae which has the property to adhere to surfaces is a characteristic feature of almost all *E. coli* strains (Schiller et al., 2020; Esteban-López, 2020). This means that even the nonpathogenic *E. coli* is no exception in this case. Even so, the *E. coli* strains that cause diarrhoea elaborate certain specific fimbriae antigens. This promotes their colonization and adherence to sites that are mostly not colonized like the small intestinal mucosa (Damalanka et al., 2021; Milton et al., 2021).

The ability of *E. coli* strain to cause disease varies with their specific virulence factors which include adhesins, invasins, toxins, and capsules (Croxen et al., 2010; Sarowska et al., 2019). Genes responsible for the virulence are either on the chromosome (e.g. pathogenicity islands), on large plasmids, or phages, and these can be transmitted horizontally between strains (Leimbach et al., 2013).

In underdeveloped countries, *E. coli* which has acquired the ability to cause diarrhoea is the most common bacterial cause of juvenile diarrhoea (Canizalez-Roman, 2016; Msolo et al., 2020). Diarrhoeagenic strains can be divided into at least five different categories with corresponding distinct pathogenic schemes dictated by their respective virulence genes (Bugarel et al., 2011; Prah et al., 2021). Therefore, it is possible to distinguish and identify the different pathotypes of diarrhoeagenic *E. coli* by using these virulence genes by genotyping. Taken together, these organisms probably represent the most common cause of diarrhoea worldwide among all ages (Jesser and Levy 2020). These strains of diarrhoeagenic *E. coli* can be distinguished by their respective pathogenesis which is encoded by their respective virulence genes. These among others are mainly enteropathogenic *E. coli* (EPEC), enterohemorrhagic *E. coli* (EHEC), enterotoxigenic *E. coli* (ETEC), enteroaggregative *E. coli* (EAEC), and enteroinvasive *E. coli* (EIEC).

Tetteh et al. (2018) reported from the UNICEF Ghana document published in 2016 that the diarrhoea disease burden in Ghana is overwhelming and estimated that over 300,000 children under-five died from diarrhoea. Praph et al. (2016) observed that, in 2011, Ghana recorded average annual diarrhoeal cases of 2,218 per 100,000 populations for children under-five with the Ashanti region recording the third highest. Prah et al. (2021), have reported on the virulence profile of diarrhoeagenic *E. coli* in the Western Region of Ghana but this study attests to the fact that there is variation in the distribution of the pathotypes of diarrhoeagenic *E. coli* even when addressing the same country. Despite this, not much has been reported on the pathotypes of diarrhoeagenic *E. coli* in the Ashanti Region of Ghana. This paper, therefore,

seeks to detect and identify diarrhoeagenic *E. coli* in the said Region of the Republic of Ghana.

2. Materials and Methods

2.1 Sampling Procedure

The binomial model, $N_0 = [Z^2 (P) (1-P)] / (d)^2$ was applied to predict the minimum sample size of 379 for this study where N = sample size, P = prevalence, $q = 1 - p$ and d (error) is the precision level (0.05). Z is the critical value of the binomial distribution at the 5% level (1.96). Between July 2020 and July 2021, a total of 502 stool specimens were collected from the patients who attended Ashanti Regional and St. Michael's Hospitals in the Ashanti Region of Ghana. The age range of patients was from ≤ 5 to ≥ 42 years. Diarrhoea was defined as a history of more than one liquid stool per day or three or more stools of loose consistency during the previous 24 hours (WHO, 2017).

2.2 Research Design

A cross-sectional study was conducted to assess the diarrhoeagenic *E. coli* in patients who reported at Ashanti Regional and St. Michael's Hospitals in the Ashanti Region of Ghana. Structured questionnaires were used to obtain information to assess the attitudes, opinions, and practices of the participants concerning the diarrhoeagenic *E. coli* in the St. Michael's and Ashanti Regional Hospitals. In this research, the questionnaires were administered to the selected patients and relatives (in the case of children and critically ill patients). To ascertain how the questionnaires would work and also to find out whether changes were needed, they were pre-tested before the commencement of the actual survey. Based on the findings from the pretest results, these questionnaires were then subjected to revision and finalization.

2.3 Isolation of *E. coli* from the Faecal samples

The stool samples of the Participants were streaked on MacConkay agar. Colonies showing bright pinky-red after overnight culture were presumptive for organisms capable of lactose fermentation such as *E. coli*. One isolated colony each was subcultured on Cystine- Lactose electrolyte deficiency agar (CLED) and incubated at 37°C for 24 hrs. Yellow colonies were taken as possible *E. coli*. Isolates from the CLED were inoculated into a 5ml test tube of tryptophan broth and incubated at 44°C for 24 hours. A drop of Kovacs' reagent was then added to the positive tubes of tryptophan broth. After gentle agitation, all tubes that developed red ring color indicated the presence of indole and were identified as possible thermotolerant coliforms (*E. coli*). When an isolate from the indole test was streaked on Eosin Methylene Blue (EMB) agar as confirmation, the colonies with a green

metallic sheen were identified as *E. coli*. The isolates were then stored in plane tubes containing Mueller-Hinton agar awaiting DNA extraction.

2.4 DNA Extraction and Pathotype Identification

Using the boiling process, genomic DNA was extracted from the isolated bacterial cells, and the template was then exposed to multiplex PCR using specific primers, as described by Hegde et al. (2012). In all, the study made use of two multiplex PCRs for the detection of the genes of interest which were the virulence markers.

2.4.1 Multiplex Polymerase Chain Reaction (PCR) Assay 1

The interest of the PCR 1 was to detect EHEC, EAEC, and ETEC. The optimized protocol was done by using 25µl Ben Taq mixture (Beneficial Bio, UK), 12µl of nuclease-free water, 5 µl of the DNA template, 1 µl each of the forward and the reverse of the primers (hlyA for EHEC, CVD432 for EAEC, elt, and Stla for ETEC isolates). In each of the reactions, DNA samples with the relevant virulence gene or genes served as positive controls. However, sterile distilled water was used as a negative control.

Each of the assays was performed by adhering to the optimal cycling condition as illustrated below: 95°C for 1 min for one cycle followed by 35 cycles of 94°C for 1 min, 55°C for 1 min, 72°C for 1min and 72°C for 5 min(Hegde et al. 2012).

2.4.2 Multiplex Polymerase Chain Reaction (PCR) 2

Although the protocol for PCR 2 was just as that of the PCR 1, the primers used in the PCR 2 were eaeA and bfpA for isolates of EPEC and ial for isolates of EIC. Also, 14 µl of nuclease-free water was used in PCR 2 instead of the 12 µl in PCR 1.

In both cases (PCR 1 and PCR 2), the products of the PCR reactions were subjected to gel electrophoresis with 1.5% (W/V) agarose gel in 120ml of buffer solution. The gel was stained with ethidium bromide which is an intercalating dye and therefore made visualization of the DNA bands possible when photographed under UV light.

Table 1. Primers sequences and their corresponding bands used for the detection of virulence genes of diarrhoeagenic *E. coli*.

Reference strain	Target gene	Primer name	Primers (5' to 3')	Product size (bp)	Reference
EPEC	eaeA	eaeA-F	TGATAAGCTGCAGTCGAATCC	229	Hegde, et al., 2012: Detection of diarrhoeagenic <i>Escherichia coli</i>
		eaeA-R	CTGAACCAGATCGTAACGGC		
	bfpA	bfpA-F	CACCGTTACCGCAGGTGTGA	450	
		bfpA-R	GTTGCCGCTTCAGCAGGAGT		
ETEC	elt	elt-F	CTCTATGTGCACACGGAGC	322	
		elt-R	CCATACTGATTGCCGCAAT		
ETEC	Stla	Stla-F	TCTTTCCCTCTTTTAGTCAGTC	170	
		Stla-R	CCGCACAGGCAGGATTAC		
EIEC	ial	ial-F	CTGGTAGGTATGGTGAGG	320	
		ial-R	CCAGGCCAACAATTATTTC		
EAEC	CVD432	CVD432-F	CTGGCGAAAGACTGTATCAT	630	
		CVD432-R	CAATGTATAGAAATCCGCTGTT		
EHEC	hlyA	hlyA-F	GCATCATCAAGCGTACGTTCC	534	
		hlyA-R	AATGAGCCAAGCTGGTTAAGCT		

Source: Hegde et al. (2012)

3.0 Results

3.1 Frequency and prevalence of diarrhoeagenic *E. coli*

The study recovered 312 (62.15%, n/N =312/502) *E. coli* isolates from the 502 stool samples collected. The frequency of diarrhoeagenic *E. coli* (DEC) was 71.15% (n/N = 222/312) among the *E. coli* isolates and a prevalence of 44.22% (n/N = 222/502) among the study population. Ninety (28.85%, n/N = 90/312) of the *E. coli* isolates tested negative for any of the target genes.

Participants from Ashanti Regional Hospital had DEC prevalence of 44.78% (n/N = 90/201) while that of St. Michael was 43.85% (n/N = 132/301). Statistically, the DEC prevalence in the two hospitals was not significantly different (P = 0.8373).

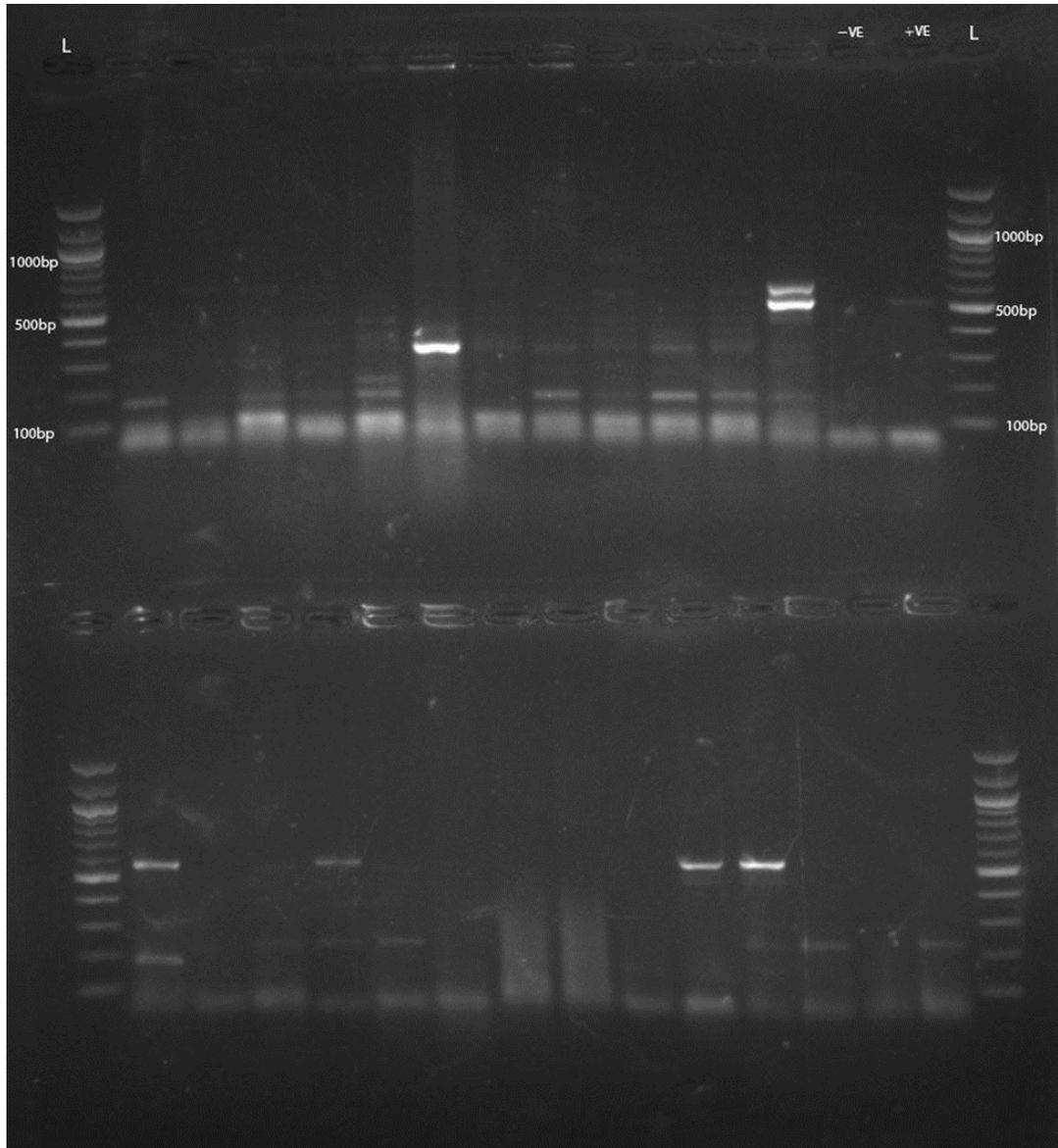
Generally, 69(31.08%, n/N=69/222) of the participants who tested positive for DEC exhibited symptoms of diarrhoea. This means that 153(68.92%, n/N=153/222) of the DEC isolates came from those without diarrhoea. This is statistically different from those with diarrhoea who were infected with DEC (P < 0.0001).

Out of the the 90 samples from Ashanti Regional Hospital which tested positive for DEC, 33(36.67%, n/N =33/90) of them were diarrheic. Additionally, 27.27% (n/N = 36/132) of the samples from St. Michael’s Hospital which tested positive for DEC were diarrheic. Therefore, there were individuals who tested positive for DEC who were diarrheic, and some individuals who tested positive for DEC but did not exhibit any symptoms of diarrhoea (Table 2). However, there was no statistical difference between the proportion of participants from the Ashanti Regional Hospital (36.67%, n/N =33/90) who suffered from diarrhoea compared with their counterpart from the St. Michael’s Hospital (27.27%, n/N =36/132) (P=0.1382). while Table 2 shows the frequency and Prevalence of diarrhoeagenic *E. coli*, Fig. 1 shows an image of PCR results in this study.

Table 2. Frequency and prevalence of diarrhoeagenic *E. coli*

Hospital	Samples collected	EC	DEC	Frequency of DEC (%)	Prevalence of DEC (%)	DEC symp. (%)	DEC not symp.
Ashanti Regional Hospital	201	122	90	73.77 N= 122	44.78 N=201	33(36.67) N= 90	57(63.33) N=90
St. Michael’s Hospital	301	190	132	69.47 N= 190	43.85 N= 301	36(27.27) N= 132	96(72.73) N=132
Total	502	312	222	71.15 N= 312	44.22 N= 502	69(31.08) N= 222	153(68.92)

Symp. = symptomatic, DEC= diarrhoeagenic *E. coli*, EC = *E. coli*



L = DNA molecular size marker((100bp ladder), -VE = negative control,
+VE = positive control.

Fig. 1. Image showing multiplex PCR Products.

3.2 The target genes, eaeA, bfpA, elt, Stla and ial, CVD432,

The five main pathotypes of diarrhoeagenic *E. coli* were detected in this area under study. The target genes that were employed for each group of diarrhoeagenic *E. coli* were eaeA (*E. coli* attaching- effacing) and bfpA (bundle forming pilus A) for enteropathogenic *E. coli* (EPEC), elt and Stla for enterotoxigenic *E. coli* (ETEC), ial for enteroinvasive *E. coli* (EIEC),

CVD432 for enteroaggregative *E. coli* (EAEC), and hlyA for enterohaemorrhagic *E. coli* (EHEC). The pathotype with the highest frequency is ETEC, followed by atypical EPEC (aEPEC), which has a frequency of 16.03% (n/N=50/312). The pathotype with the lowest frequency is typical EPEC, EPEC with both eaeA and bfpA (8.33%, 26/312) as shown in Table 3. The pathotype of highest prevalence is ETEC with that of the Stla and elt being 25.23% (n/N = 127/502) and 21.31% (n/N = 107/502) respectively. EPEC with both eaeA and bfpA recorded the least prevalence 5.18%(n/N = 26/502) followed by EIEC (7.17, n/N = 36/502). The study observed that some of the study participants, although they were positive for the pathotypes, did not exhibit symptoms of diarrhoea (Table 3).

Table 3. Prevalence and the Frequency of the Pathotypes of the Diarrhoeagenic *E. coli*

Target gene	Pathotype	Number of isolates	Frequency (%)	Prevalence(%)	Symptomatic (%)
eaeA		86	27.56	17.13	23(26.74)
bfpA and eaeA	EPEC	26	8.33	5.18	8(30.77)
bfpA		50	16.03	9.96	30.00%
elt		107	34.29	21.31	26(24.30)
Stla	ETET	127	40.71	25.23	40(31.50)
elt and Stla		59	18.91	11.75	18(30.51)
ial	EIEC	36	11.54	7.17	13(36.11)
CVD432	EAEC	51	16.35	10.16	15(29.41)
hIA	EHEC	58	18.59	11.55	18(31.03)

EPEC = enteropathogenic *E. coli*, ETEC = enterotoxigenic *E. coli*, EIEC= enteroinvasive *E. coli*, EAEC = enteroaggregative *E. coli*, EHEC = enterohaemorrhagic *E. coli*.

3.3 Prevalence of diarrhoea in relation to sex and age of participants

Out of the 502 samples collected, 63.94% (n/N = 321/502) were collected from females (67.91%, n/N= 218/321 being pregnant women) and 36.06% (n/N = 181/502) males. It was observed that 31.67(n/N=159/502) of the entire study participants were diarrheic. More males (38.67%, n/N = 70/181) had diarrhoea compared to females (27.73%, n/N = 89/321) (P = 0.0115).

Additionally, when the total participants of members of each age category in this study are taken into consideration, the results indicate that the highest prevalence of diarrhoea was recorded in the ≤5(44.00%, n/N=40/91). There was no statistically significant variation in the prevalence of diarrhoea between the ≤5 and ≥42 age groups. However, there was a statistically significant difference in the prevalence of diarrhoea between the ≤5 and the

18–23 age groups with the ≤5 year group having the greatest prevalence (P = 0.0271). Also, the statistical disparity between the ≤5 and 24-29-year age groups was significant (P = 0.0008). The disparity in diarrhoea prevalence between the ≤5 year group and the 30-35 year group is statistically significant (P = 0.0118).

The results from the two hospitals show that participants from Ashanti Regional Hospital (43.78%, n/N =88/201) have a higher prevalence of diarrhoea than those from St. Michael's (23.59%, n/N =71/301). Statistically, the difference between the two prevalences was significant (P<0.0001). Table 4 displays the prevalence of diarrhoea in connection to participant demographics of the two hospitals and the total prevalence.

Table 4. Prevalence of diarrhoea

Variable	Samples (N)	Prevalence of diarrhoea %(n/N)		
		Ashanti Regional Hospital	St. Michael Hospital	Total prevalence
SEX				
Female	321	38.52(47/122)	21.11(42/199)	27.73(89/321)
Male	181	51.90(41/79)	28.43(29/102)	38.67(70/181)
AGE (yrs.)				
≤5	91	59.46(22/37)	33.33(18/54)	44.00(40/91)
6-11	26	50.00(7/14)	16.67(2/12)	34.62(9/26)
12-17	28	37.50(3/8)	25.00(5/20)	28.57(8/28)
18-23	64	37.5(8/22)	21.43(9/42)	26.56(17/64)
24-29	92	23.40(11/47)	17.78(8/45)	20.65(19/92)
30-35	49	33.33(4/12)	18.92(7/37)	22.45(11/49)
36-41	38	50.00(5/10)	21.43(6/28)	28.95(11/38)
>42	114	54.90(28/51)	25.40(16/63)	38.60 (44/114)
Total	502	43.78(88/201)	23.59(71/301)	31.67(159/502)

3.4 Diarrhoeagenic *E. coli* pathotypes (virulence markers) in the various age groups

All the virulence markers, eaeA, bfp, elt, Stla, elt, ial, CVD432 and hly which served as the target genes for the molecular identification of the pathotypes of the DEC considered were detected in this study. Among these markers of the DEC type, stla was the highest in all the age categories except eaeA which was the highest in the 24-29 age group.

The distribution of the DEC virulence markers(pathotype) regarding the various age groups in this study is higher with respect to the age group 24-29, followed by the age group ≥42 and the age group ≤5. The least distribution was seen in the 12-17 year category. The distribution of the virulence markers is presented in Table 5.

Statistically, the difference in the distribution of the virulence factors (the target genes) among the ages, 24-29 and >42 is not significant ($P = 0.9475$). Also, there was no statistical difference in the distribution of these target genes between the 24-29 and the ≤ 5 age groups ($P = 0.3800$). This is in spite of the fact that higher cases of diarrhoea was recorded among the ≤ 5 and the ≥ 42 years compared to the 24-29 age groups (Table 4).

Even though males had a greater prevalence of diarrhoea than females (Table 4), the difference in the distribution of the virulence markers by sex was significant, with females having the highest ($p = 0.0001$).

Table 5. The distribution of diarrhoeagenic *E. coli* virulence factors(pathotypes) among the various age groups

Variable	eaeA (%)	eaeA and bfpA (%)	bfpA (%)	elt (%)	Stla (%)	elt and Stla (%)	Ial (%)	CVD432(%)	hIA (%)	Total (%)
Age (yrs.)										
0-5	23(26.74)	7(26.92)	11(22.00)	20(18.69)	24(18.900)	10(16.95)	9(25.00)	9(17.65)	10(17.24)	123(20.50)
6-11	2(2.33)	0(0.00)	4(8.00)	6(5.61)	5(3.94)	3(5.08)	3(8.33)	5(9.80)	2(3.44)	30(5.00)
12-17	3(3.49)	2(15.38)	3(6.00)	3(2.80)	8(6.30)	2(3.39)	2(5.56)	1(1.96)	0(0.00)	24(4.00)
18-23	5(5.81)	1(8.85)	3(6.00)	10(9.35)	17(13.39)	6(10.17)	3(8.33)	4(7.84)	7(12.07)	56(9.33)
24-29	28(32.56)	9(34.62)	14(28.00)	28(26.17)	23(18.11)	11(18.64)	8(22.22)	16(31.37)	13(22.3 1)	150(25.00)
30-35	4(4.65)	1(8.85)	3(6.00)	7(6.54)	11(8.66)	6(10.17)	0(0.00)	1(1.96)	6(10.34)	39(6.50)
36-41	2(2.33)	0(0.00)	1(2.00)	6(5.61)	7(5.51)	5(8.47)	2(5,56)	2(3.92)	5(8.62)	30(5.00)
>42	19(22.09)	6(23.08)	11(22.00)	27(25.23)	32(25.20)	16(27.12)	9(25.00)	13(25.49)	15(25.86)	148(24.67)
Total	86	26	50	107	127	59	36	51	58	600
Sex										
Male	37(43.02)	14(53.85)	25(50.00)	37(34.58)	44(34.65)	20(33.90)	16(44.44)	25(49.02)	16(27.59)	234(39.00)
Female	49(56.98)	12(46.15)	25(50.00)	70(65.42)	83(65.35)	39(66.10)	20(55.56)	26(50.98)	42(72.41)	366(61.00)
Total	86	26	50	107	127	59	36	51	58	600

Discussion

Considering the total sample size of 502, 159 of them were symptomatic of diarrhoea and hence a prevalence of 31.67% (159/502). This prevalence is higher than the 27.22%, 22.1% and 17.0% prevalence of diarrhoea observed by Tetteh et al. (2018) in the Volta region of Ghana, Getachew et al.(2018) in the North Gondar zone of Ethiopia and Apanga and Kumbeni (2021) cross-sectional survey of Ghana respectively. These disparities in prevalence may be brought on by variations in the local environmental conditions in the research areas such as contaminated water, inadequate sanitation, and unsanitary settings, in addition to malnutrition and subpar food hygiene practices. This prediction by this study is necessitated by the fact that according to estimates, the environment is responsible for ninety-four percent of the burden of diarrhoeal disease and is linked to risk factors such as unclean drinking water, low socioeconomic level, inadequate sanitation and poor hygiene (Prüss-Üstün et al., 2007; Pruss-Ustun et al., 2006). The high prevalence of diarrhoea in low socioeconomic areas is the result of exposure to environmental factors that cause diarrhoea such as contaminated water, poor sanitation, and unhygienic conditions in addition to malnutrition and poor food-hygiene practices (Agustina et al., 2013).

One sample could yield both lactose-fermenting *E. coli* and non-lactose-fermenting *E. coli* giving rise to more than one isolate. This observation is supported by Yaratha et al. (2017) who stated that 10% of *E. coli* isolates have historically been reported to be sluggish or non-lactose fermenting, despite the fact that *E. coli* are facultatively anaerobic, Gram-negative bacteria that will ferment lactose to make hydrogen sulfide.

Out of the 502 samples, 312 tested positives for *E. coli*. From the PCR results, the frequency of DEC in the total isolate is 71.15% (n/N= 222/312) with a prevalence of 44.22%. (222/502). Ninety (90) of the *E. coli* isolates tested negative for any of the target genes. This can be explained by the fact that in the digestive system, *E. coli* is primarily part of the natural flora, and hence the fact that the biochemical test detected 312 in the samples collected does not mean that they were necessarily pathogenic or diarrhoeagenic (Basu et al., 2020). *E. coli* is typically a normal component of the gut flora, but it can become opportunistic when the immune system of the human host is compromised, the immune system is suppressed, or the mucosal barrier between the gut and other normally sterile sites of the body is breached (Fossen, 2019).

All five main pathotypes of diarrhoeagenic *E. coli* were detected in the area under study. This is in support of the assertion that there are five main pathotypes of diarrhoeagenic *E. coli* (Tareen et al., 2022; Redha et al., 2022). The study observed that some of the study participants exhibited symptoms of diarrhoea while others did not show any signs of diarrhoea although they were

positive for the pathotypes proved by the presence of the virulence factors (Tables 2 and 3). This finding of the present study agrees with the assertion that an individual can harbour DEC without exhibiting any signs of being infected with the pathogen (Gautam 2021; Hatyoka et al., 2022). Host immunity might be attributed to the situation in which an individual is infected with the pathogen but does not experience the disease caused by the pathogen (Subekti et al.,2003; Donnenberg et al.,2013; Rainard et al.,2020). This finding of the research suggests that the diarrhoeagenic *E. coli* may have coexisted with the people in this area of the current research for a very long time, and as a result, immunity has evolved as a means of adapting to survive the presence of this pathogen.

The rate of recovery of the DEC was higher in females than in males (Table 5) with the difference being statistically significant ($P < 0.05$). This can be attributed to the fact that normally females interact more with children, food, and meat during food preparation (Pelto and Armar-Klemesu, 2011; Abokyi et al.,2023). Most of the females in this present study were pregnant women who attended hospitals for medical review. The would-be babies of these pregnant women are potentially at risk of being infected with DEC hence the tendency of suffering from diarrhoea.

Considering the frequency of the virulence markers (DEC pathotypes), it is observed that, 127(40.71%) of the 312 *E. coli* isolates tested positive for *Stla*, 107(34.29%) were *elt*, 86(27.56%) were *eaeA*, and 58(18.59) were *hla*. 50(16.03) were *bfpA*, 51(16.35%) were CVD432, and 36(11.54) were *ial*. 26(8.33%) were positive for *bfpA* and *eaeA* combined. Table 3 illustrates that both *Stla* and *elt* were target genes for ETEC. This means that the most highly detected diarrhoeagenic *E. coli* prototype as discovered by this research is ETEC. In the work done by Prah et al. (2021) in the Western Region of Ghana and Yadav et al. (2020), among the pathotypes of diarrhoeagenic *E. coli* studied, ETEC was the one with the highest number of occurrences.

This study reveals that although *Stla* and *elt* were target genes for ETEC, there are instances that some isolates were detected with *Stla* but not *elt* and vice versa (Table 3). LT operons (*elt* or *etx*) are located on the plasmid which may also contain genes encoding ST operon, *stla* (Kim, 2020 and van, 2017). It can therefore be deduced from this study that ETEC elaborates *Stla* or *elt* and in some situations, both. ETEC is defined as containing the *E. coli* strains that cause diarrhoea through the activity of Heat-labile toxin (LT) and or Heat-stable toxin (ST) producing virulence genes. This pathotype (virotype) of *E. coli* may elaborate only an LT, and ST only, or both (Fleckenstein et al., 2010; Fleckenstein, 2013).

Also, *eaeA* and *bfpA* were target genes for EPEC (Table 3). Some isolates revealed the presence of *eaeA* (aEPEC) with the absence of *bfpA* and some possessed both *eaeA* and *bfpA* (tEPEC). The study, therefore, reveals

that there are strains of EPEC containing either *eaeA* only or some with both *eaeA* and *bfpA*. This is in concordance with the finding that EPEC is subdivided into typical EPEC (tEPEC), which carries both the intimin gene (*eae*) and the bundle forming pili (*bfp*) genes, and atypical EPEC (aEPEC) which carries *eae* gene but lacks the *bfp* gene (Khairy et al., 2020). Again, 86 isolates tested positive for *eaeA* and 26 isolates revealed the presence of both *eaeA* and *bfpA*. This means that there were more atypical EPEC (aEPEC) than typical EPEC (tEPEC) circulating in the area under study. Devi et al.(2018) observed that, of the EPECs identified according to the specific genotypes, atypical EPECs which have only *eaeA* were more than typical EPECs which have both *eae* and *bfpA* genes.

It must also be pointed out that this present study detected strains of EPEC with only *bfpA* without *eaeA*. This is in agreement with Prah (2021) who has revealed that there are strains of EPEC with only *bfpA* and not *eaeA* in the Western Region of Ghana. This study, therefore, recommends that EPEC with only *bfpA* should be included in the classification.

Additionally, the results indicate that more samples (44.00%, $n/N=40/91$) and 38.60% (44/114) respectively, came from people in the ≤ 5 and ≥ 42 age groups who have diarrhoea more frequently than those in the younger adult range of 18–23, 24-29 and 30-35 with the prevalence being 26.56% ($n/N = 17/64$), 20.65% ($n/N = 19/92$), 22.45% ($n/N = 11/49$) respectively. There was no statistically significant variation in the prevalence of diarrhoea between the ≤ 5 and ≥ 42 year age groups ($P > 0.05$). There was however, a statistically significant variation in the prevalence of diarrhoea between the ≤ 5 and the 18–23, 24-29, and 30-35 age groups ($P < 0.05$) with the ≤ 5 age category having the highest prevalence.

The association between age group and diarrhoea is therefore a zig-zag type. This can be explained by the fact that the proportion of individuals suffering from diarrhoea among the various age groups is higher among the children category especially those within the ≤ 5 years but decreases among the young adult category (18-23-, 24-29- and 30–35-year groups) and increases again as the age increases (≥ 42 age group) as illustrated in Table 4. This means that comparatively, greater percentages of the participants in the age groups ≤ 5 and ≥ 42 respectively exhibited symptoms of diarrhoea more than those within the umbrella of 18-23-, 24-29- and 30–35 (young adult category) age groups. Generally, the distribution of the DEC is highest in the 24-29, ≤ 5 , and ≥ 42 age groups (Table 5). According to statistics, there is no change in the distribution of the virulence factors (the target genes) between individuals aged 24-29, ≤ 5 , and ≥ 42 ($p > 0.05$). This situation is dangerous as all things being equal, children are normally the ones with weaker immunity compared to the young adult year groups (Ciarambino et al., 2021; Galletti and 2021; Brink et al., 2021). This might explain the reason for the highest

number of participants in the ≤ 5 -year group exhibiting symptoms of diarrhoea. A higher percentage of the ≥ 42 -year group exhibits symptoms of diarrhoea is so because the immune system is suppressed as one grows older (King and Londrigan 2021; Ciarambino et al., 2021). This study therefore supports the assertion that diarrhoeagenic *E. coli* is an important cause of diarrhoea in children (Angulo-Zamudio et al., 2021; Zhou et al., 2021; Emami et al., 2021; Manhique-Coutinho et al., 2022;) but also reveals an important finding that the ≥ 42 -year group is also very vulnerable to diarrhoea when infected with DEC, although many studies on diarrhoea have shifted more emphasis on children (Manhique-Coutinho et al., 2021; Tareen et al., 2022).

Although there was a large distribution of DEC pathotypes in the 24-29 age group, similar to the ≤ 5 and ≥ 42 age groups, there were statistically fewer cases of diarrhoea in this 24-29 age group ($p > 0.05$). This can be explained by the possibility that someone between the ages of 24-29 (young age group) has a better immune system than those in the ≤ 5 and over-42 age groups. The young are more able to produce B and T cells in their bone marrow and thymus glands respectively, and also have effective lymphocyte activity in their secondary lymphoid tissue. Hence, they react to immune challenges more robustly than the elderly (Montecino-Rodriguez et al., 2013). People in the 24–29 year age group are, on average, younger than those in the ≥ 42 -year group; as a result, the ≥ 42 year group may need fewer pathogens, such as diarrhoeagenic *E. coli*, to cause an infection like diarrhoea considered in this study. Therefore, even though the pathogen (diarrhoeagenic *E. coli*) is more widely distributed in the younger age than in older adults, as this research found, it makes sense in a situation where the prevalence of diarrhoea becomes higher in an older adult (≥ 42 years) than among the younger adults (24-29). Therefore, this recent research suggests that age might be a risk factor for diarrhoea. This assertion is in agreement with several other findings that diarrhoea risk is affected by age (Gupta et al., 2015; Genser et al., 2006; Gebbia et al., 2023).

Conclusion

The results of this study show that all five pathotypes of diarrhoeagenic *E. coli* are in circulation in this region of Ghana and provide light on the significant virulence features that may raise public health concerns. The study observed that some of the study participants exhibited symptoms of diarrhoea while others did not show any signs of diarrhoea, although they were positive for the pathotypes proved by the presence of the virulence factors.

The virulence factors considered in this study might be a contributory factor to the diarrhoea episode observed. The children in the ≤ 5 and ≥ 42 -year groups are more vulnerable to diarrhoea when infected with DEC. There are strains of EPEC with only bfPA without eaeA.

The study, therefore, recommends more studies on diarrhoea in the ≥ 42 -year group not neglecting that of the children (≤ 5 year group) category. There is a need for routine utilization of molecular methods such as the conventional multiplex PCR to identify and detect the pathotypes of *E. coli* causing diarrhoea. Also, there should be an inclusion of EPEC with only bfpA and not eaeA in the classification of EPEC.

Acknowledgments

We acknowledge the support of Mr. Henry Hanson of the Infectious Disease Epidemiology research group at Kumasi Centre for Collaborative Research in Tropical Medicine (KCCR), KNUST, Kumasi, Ghana, throughout this research.

Ethical Approval

This study has been approved by committee on human research publication and ethics of Kwame Nkrumah University of Science and Technology and the principles of the Helsinki Declaration were followed.

Conflicts of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest in the publication.

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

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

References:

1. Abokyi, E., Asante, B. O., & Wongnaa, C. A. (2023). Women's role of caregiving for under-five children: Implications for dietary diversity and food security in Ghana. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1), 2153415.
2. Agustina, R., Sari, T. P., Satroamidjojo, S., Bovee-Oudenhoven, I. M., Feskens, E. J., & Kok, F. J. (2013). Association of food-hygiene practices and diarrhoea prevalence among Indonesian young children from low socioeconomic urban areas. *BMC public health*, 13(1), 1-12.
3. Ahs, J. W., Tao, W., Löfgren, J., & Forsberg, B. C. (2010). Diarrhoeal diseases in low-and middle-income countries: incidence, prevention and management. *The Open Infectious Diseases Journal*, 4(1).
4. Angulo-Zamudio, U. A., Gutiérrez-Jiménez, J., Monroy-Higuera, L., Flores-Villaseñor, H., Leon-Sicairos, N., Velazquez-Roman, J., ... & Canizalez-Roman, A. (2021). Non-diarrhoeagenic and diarrhoeagenic *E. coli* carrying supplementary virulence genes (SVG) are associated

- with diarrhoea in children from Mexico. *Microbial pathogenesis*, 157, 104994.
5. Apanga, P. A., & Kumbeni, M. T. (2021). Factors associated with diarrhoea and acute respiratory infection in children under 5 years old in Ghana: an analysis of a national cross-sectional survey. *BMC Pediatrics*, 21(1), 1-8.
 6. Basu, A., Behera, M., Maharana, R., Kumar, M., Dhal, N. K., Tamhankar, A. J., ... & Tripathy, S. K. (2020). To unsnarl the mechanism of disinfection of *Escherichia coli* via visible light assisted heterogeneous photo-Fenton reaction in presence of biochar supported maghemite nanoparticles. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 104620.
 7. Behera, D. K., & Mishra, S. (2022). The burden of diarrhoea, etiologies, and risk factors in India from 1990 to 2019: evidence from the global burden of disease study. *BMC public health*, 22(1), 1-9.
 8. Brink, L. R., Chichlowski, M., Pastor, N., Thimmasandra Narayanappa, A., & Shah, N. (2021). In the age of viral pandemic, can ingredients inspired by human milk and infant nutrition be repurposed to support the immune system?. *Nutrients*, 13(3), 870.
 9. Bugarel, M., Martin, A., Fach, P., & Beutin, L. (2011). Virulence gene profiling of enterohemorrhagic (EHEC) and enteropathogenic (EPEC) *Escherichia coli* strains: a basis for molecular risk assessment of typical and atypical EPEC strains. *BMC microbiology*, 11(1), 1-10.
 10. Ciarambino, T., Para, O., & Giordano, M. (2021). Immune system and COVID-19 by sex differences and age. *Women's Health*, 17, 17455065211022262
 11. Donnenberg, M. (Ed.). (2013). *Escherichia coli: pathotypes and principles of pathogenesis*. Academic Press.
 12. Canizalez-Roman, A., Flores-Villaseñor, H. M., Gonzalez-Nuñez, E., Velazquez-Roman, J., Vidal, J. E., Muro-Amador, S., ... & León-Sicairos, N. (2016). Surveillance of diarrhoeagenic *Escherichia coli* strains isolated from diarrhoea cases from children, adults and elderly at Northwest of Mexico. *Frontiers in microbiology*, 7, 1924
 13. Croxen, M. A., & Finlay, B. B. (2010). Molecular mechanisms of *Escherichia coli* pathogenicity. *Nature Reviews Microbiology*, 8(1), 26-38
 14. Damalanka, V. C., Maddirala, A. R., & Janetka, J. W. (2021). Novel approaches to glycomimetic design: Development of small molecular weight lectin antagonists. *Expert Opinion on Drug Discovery*.
 15. Demissie, G. D., Yeshaw, Y., Alemine, W., & Akalu, Y. (2021). Diarrhoea and associated factors among under five children in sub-

- Saharan Africa: Evidence from demographic and health surveys of 34 sub-Saharan countries. *Plos one*, 16(9), e0257522.
16. Devi, T. S., Durairaj, E., Lyngdoh, W. V., Duwarah, S. G., Khyriem, A. B., & Lyngdoh, C. J. (2018). Real-time multiplex polymerase chain reaction with high-resolution melting-curve analysis for the diagnosis of enteric infections associated with diarrhoeagenic *Escherichia coli*. *Indian Journal of Medical Microbiology*, 36(4), 547-556.
 17. Esteban-López, M. (2020). Role of chemotaxis, cyclic-di-GMP and type 1 fimbriae in *Escherichia coli* surface attachment.
 18. Emami, A., Pirbonyeh, N., Javanmardi, F., Bazargani, A., Moattari, A., Keshavarzi, A., & Akbari, A. (2021). Molecular diversity survey on diarrhoeagenic *Escherichia coli* isolates among children with gastroenteritis in Fars, Iran. *Future Microbiology*, 16(17), 1309-1318.
 19. Fleckenstein, J. M. (2013). Enterotoxigenic *Escherichia coli*. In *Escherichia coli* (pp. 183-213). Academic Press.
 20. Fleckenstein, J. M., Hardwidge, P. R., Munson, G. P., Rasko, D. A., Sommerfelt, H., & Steinsland, H. (2010). Molecular mechanisms of enterotoxigenic *Escherichia coli* infection. *Microbes and infection*, 12(2), 89-98.
 21. Florez I.D., Veroniki A.A, Al Khalifah R., Yepes-Nuñez J.J., Sierra J.M., Vernooij R.W.M., Acosta-Reyes J., Granados C.M., Pérez-Gaxiola G., Cuello-Garcia C., Zea A.M., Zhang Y., Foroutan N., Guyatt G.H., Thabane L., (2018), Comparative effectiveness and safety of interventions for acute diarrhoea and gastroenteritis in children: A systematic review and network meta-analysis. Retrieved on 12/02/2019 from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30517196>.
 22. Fossen, J. L. (2019). A Genomic View of *Escherichia coli* Diversity from Dairy Calves (Doctoral dissertation).
 23. Galletti, J. G., & de Paiva, C. S. (2021). The ocular surface immune system through the eyes of aging. *The Ocular Surface*, 20, 139-162.
 24. Gautam, K. (2021). Prevalence of diarrhoeagenic *E. coli* isolated from diarrhoeal stool from Children under 5 years of age at Kanti Children's Hospital. *Journal of Ayurveda Campus*, 2(1), 41-45.
 25. Gebbia, V., Martorana, F., Sanò, M. V., Valerio, M. R., Giotta, F., Spada, M., ... & Vigneri, P. (2023). Abemaciclib-associated Diarrhoea: An Exploratory Analysis of Real-life Data. *Anticancer Research*, 43(3), 1291-1299.
 26. Getachew, A., Tadie, A., G Hiwot, M., Guadu, T., Haile, D., G Cherkos, T., ... & Alemayehu, M. (2018). Environmental factors of diarrhoea prevalence among under five children in rural area of North Gondar zone, Ethiopia. *Italian journal of pediatrics*, 44(1), 1-7.

27. Genser, B., Strina, A., Teles, C. A., Prado, M. S., & Barreto, M. L. (2006). Risk factors for childhood diarrhoea incidence: dynamic analysis of a longitudinal study. *Epidemiology*, 658-667
28. Gupta, A., Sarker, G., Rout, A. J., Mondal, T., & Pal, R. (2015). Risk correlates of diarrhoea in children under 5 years of age in slums of Bankura, West Bengal. *Journal of global infectious diseases*, 7(1), 23.
29. Hatyoka, L. M., Mubanga, C., Silwamba, S., Luchen, C. C., Mukena, N., Chibesa, K., ... & Chilengi, R. (2022). Antimicrobial Susceptibility Patterns of *Escherichia coli* and Shigella Isolated from Stool Samples from Adults and Children in Zambia.
30. Hegde, A., Ballal, M., & Shenoy, S. (2012). Detection of diarrhoeagenic *Escherichia coli* by multiplex PCR. *Indian Journal of Medical Microbiology*, 30(3), 279-284
31. Khairy, R. M., Fathy, Z. A., Mahrous, D. M., Mohamed, E. S., & Abdelrahim, S. S. (2020). Prevalence, phylogeny, and antimicrobial resistance of *Escherichia coli* pathotypes isolated from children less than 5 years old with community acquired-diarrhoea in Upper Egypt. *BMC Infectious Diseases*, 20(1), 1-9.
32. King, P. T., & Londrigan, S. L. (2021). The 1918 influenza and COVID-19 pandemics: The effect of age on outcomes. *Respirology (Carlton, Vic.)*, 26(9), 840..
33. Le Bouguenec, C., Archambaud, M., & Labigne, A. (1992). Rapid and specific detection of the pap, afa, and sfa adhesin-encoding operons in uropathogenic *Escherichia coli* strains by polymerase chain reaction. *Journal of clinical microbiology*, 30(5), 1189-1193
34. Kim, C. H. (2020). Bacterial Toxin Protein Interaction with Host Cells GSL. In *Glycosphingolipids Signaling* (pp. 93-118). Springer, Singapore.
35. Manhique-Coutinho, L., Chiani, P., Michelacci, V., Taviani, E., Bauhofer, A. F. L., Chissaque, A., ... & de Deus, N. (2022). Molecular characterization of diarrhoeagenic *Escherichia coli* isolates from children with diarrhoea: A cross-sectional study in four provinces of Mozambique: Diarrhoeagenic *Escherichia coli* in Mozambique. *International Journal of Infectious Diseases*, 121, 190-194
36. Milton, A. A. P., Priya, G. B., Angappan, M., Ghatak, S., & Joshi, V. (2021). Crosstalk between Bacteria and Host Immune System with Special Emphasis on Foodborne Pathogens. In *Microbiome-Host Interactions* (pp. 191-205). CRC Press.
37. Motyka, N. I., Stewart, S. R., Porretta, C. P., Hollifield, I. E., Bauer, D. L., & Bitoun, J. P. (2022). Enterotoxigenic *Escherichia coli*

- Enterotoxins Regulate Epithelial to Immune Relay of IL-33 and IL-1Ra Cytokines. *Infection and Immunity*, 90(3), e00637-21
38. Msolo, L., Iweriebor, B. C., & Okoh, A. I. (2020). Pervasiveness of diarrhoeagenic *E. coli* pathotypes and Salmonella species among gastroenteritis patients in some selected pastoral hinterlands of the Amathole district municipality, Eastern Cape, South Africa. *Human Microbiome Journal*, 17, 100074.
39. Nataro, J. P., & Kaper, J. B. (1998). Diarrhoeagenic *Escherichia coli*. *Clinical microbiology reviews*, 11(1), 142-201
40. Pakbin, B., Brück, W. M., & Rossen, J. W. (2021). Virulence factors of enteric pathogenic *Escherichia coli*: A review. *International journal of molecular sciences*, 22(18), 9922.
41. Peprah, N. Y., Ameme, D. K., Sackey, S., Nyarko, K. M., Gyasi, A., & Afari, E. (2016). Pattern of diarrhoeal diseases in Atwima Nwabiagya District-Ghana, 2009-2013. *The Pan African Medical Journal*, 25(Suppl 1).
42. Pelto, G. H., & Armar-Klemesu, M. (2011). Balancing nurturance, cost and time: complementary feeding in Accra, Ghana. *Maternal & child nutrition*, 7, 66-81.
43. Prah, I., Ayibieke, A., Nguyen, T., Iguchi, A., Mahazu, S., Sato, W., Hayashi, T., Yamaoka, S., Suzuki, T., Iwanaga, S., Ablordey, A., & Saito, R. (2021). Virulence Profiles of Diarrhoeagenic *Escherichia coli* Isolated from the Western Region of Ghana. *Japanese journal of infectious diseases*, 74(2), 115–121. <https://doi.org/10.7883/yoken.JJID.2020.356>
44. Prüss-Üstün, A., & Corvalán, C. (2007). How much disease burden can be prevented by environmental interventions? *Epidemiology*, 18(1), 167-178.
45. Pruss-Ustun, A., Corvalán, C. F., & World Health Organization. (2006). Preventing disease through healthy environments: towards an estimate of the environmental burden of disease. World Health Organization.
46. Leimbach, A., Hacker, J., & Dobrindt, U. (2013). *E. coli* as an all-rounder: the thin line between commensalism and pathogenicity. *Between pathogenicity and commensalism*, 3-32.
47. Redha, M. A., Al Sweih, N., & Albert, M. J. (2022). Virulence and phylogenetic groups of *Escherichia coli* cultured from raw sewage in Kuwait. *Gut Pathogens*, 14(1), 1-5.
48. Rainard, P., Cunha, P., Martins, R. P., Gilbert, F. B., Germon, P., & Foucras, G. (2020). Type 3 immunity: A perspective for the defense of the mammary gland against infections. *Veterinary Research*, 51(1), 1-8.

49. Schiller, P., Knödler, M., Berger, P., Greune, L., Fruth, A., Mellmann, A., ... & Dobrindt, U. (2020). The Superior Adherence Phenotype of *E. coli* O104: H4 is Directly Mediated by the Aggregative Adherence Fimbriae Type I. Virulence.
50. Schiller, L. R. (2019). Chronic diarrhoea evaluation in the elderly: IBS or something else?. *Current Gastroenterology Reports*, 21, 1-7
51. Soltani, S., Emamie, A. D., Dastranj, M., Farahani, A., Davoodabadi, A., & Mohajeri, P. (2018). Role of toxins of uropathogenic *Escherichia coli* in the development of urinary tract infection. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 1-11.
52. Subekti, D. S., Lesmana, M., Tjaniadi, P., Machpud, N., Daniel, J. C., Alexander, W. K., ... & Oyoyo, B. A. (2003). Prevalence of enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC) in hospitalized acute diarrhoea patients in Denpasar, Bali, Indonesia. *Diagnostic microbiology and infectious disease*, 47(2), 399-405
53. Tareen, A. M., Samad, A., Mustafa, M. Z., Maryam, M., Rizwan, S., & Akbar, A. (2022). Immunogenic protein profiling of pathogenic *Escherichia coli* strains isolated from infants with diarrhoea in Quetta Balochistan. *Journal of King Saud University-Science*, 34(3), 101883
54. Tetteh, J., Takramah, W. K., Ayanore, M. A., Adoliba Ayanore, A., Bisung, E., & Alamu, J. (2018). Trends for diarrhoea morbidity in the Jasikan District of Ghana: Estimates from district level Diarrhoea Surveillance Data, 2012–2016. *Journal of tropical medicine*, 2018.
55. van Breda, L. K. (2017). A comprehensive risk factor analysis of *Escherichia coli* disease in the piggery environment (Doctoral dissertation).
56. UNICEF/WHO (2012), Global, regional, and national causes of child mortality. *Lancet medical journal*, 380-1308.
57. WHO (2008). The global burden of disease: 2004 update. World Health Organization
58. WHO, (2017), Diarrhoeal disease: WHO fact sheet on diarrhoeal disease; Retrieved on 21/09/22 from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>.
59. Yadav, M., Sujatha, R., & Kumar, A. (2020). Characterization of Enterotoxigenic and Enterohemorrhagic *Escherichia coli* in Paediatric Patients. *Journal of Pure and Applied Microbiology*.
60. Yang, Z. K., Luo, H., Zhang, Y., Wang, B., & Gao, F. (2019). Pan-genomic analysis provides novel insights into the association of *E. coli* with human host and its minimal genome. *Bioinformatics*, 35(12), 1987-1991.

61. Yaratha, G., Perloff, S., & Changala, K. (2017). Lactose vs non-lactose fermenting *E. coli*: epidemiology, clinical outcomes, and resistance. In Open forum infectious diseases (Vol. 4, No. suppl_1, pp. S589-S590). US: Oxford University Press.
62. Zeljković, V., Drazgalski, C., & Mayorga, P. (2018, March). Algorithmic *Escherichia coli* bacteria incidence evaluation. In 2018 Global Medical Engineering Physics Exchanges/Pan American Health Care Exchanges (GMEPE/PAHCE) (pp. 1-4). IEEE.
63. Zhou, S. X., Wang, L. P., Liu, M. Y., Zhang, H. Y., Lu, Q. B., Shi, L. S., ... & Yang, W. Z. (2021). Characteristics of diarrhoeagenic *Escherichia coli* among patients with acute diarrhoea in China, 2009–2018. *Journal of Infection*, 83(4), 424-432.

Diversité des Espèces Cultivées et Stratégies d'Adaptation aux Changements Climatiques : Cas du Maraîchage dans l'Arrondissement de Maroua 1^{er}/Cameroun

Anguessin Benjamine

Département des Sciences Environnementales, École Nationale Supérieure Polytechnique, Université de Maroua, Cameroun.

Laboratoire de Biodiversité et de développement Durable, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, Cameroun

Bouikoum Wadou

Département des Sciences Environnementales, École Nationale Supérieure Polytechnique, Université de Maroua, Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p336](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p336)

Submitted: 30 June 2023

Accepted: 29 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Anguessin B. & Bouikoum W. (2023). *Diversité des Espèces Cultivées et Stratégies d'Adaptation aux Changements Climatiques : Cas du Maraîchage dans l'Arrondissement de Maroua 1er/Cameroun*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 336.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p336>

Résumé

La ville de Maroua est soumise à une variabilité climatique qui affecte la production agricole et la sécurité alimentaire des ménages. Pour y faire face, diverses stratégies sont développées notamment les cultures maraîchères au bord des cours d'eau comme moyen de résilience. La présente étude vise à identifier les différentes espèces cultivées ainsi que les contraintes liées à cette activité pour une meilleure résilience aux changements climatiques. Pour y parvenir, une enquête exploratoire de six mois a été effectuée grâce à la méthode d'interview individuel sur la base d'un questionnaire auprès de 240 maraîchers et l'observation directe. Les résultats ont montré que pour bien mener le maraîchage, les producteurs font varier les cultures en fonction de leur moyen, la superficie et les types de culture pratiquée. Plusieurs espèces ont été sélectionnées pour s'adapter aux changements climatiques notamment des légumes 24 %, oignons 31%, tomates 7%, laitue 6%, chou 5%, carotte 5%, condiments verts 5%, pastèque 1%, patate 1% et d'autres cultures (14%) constituées de moringa, aubergine et concombre. La principale source

d'irrigation pour les cultures maraîchères est l'eau de surface utilisée par plus de 90% des producteurs. Le maraîchage reste une activité très rentable dans la ville de Maroua quel que soit le type d'espèce cultivée. Les difficultés liées à cette activité sont surtout d'ordres climatiques : situation aléatoire des pluies, manque d'eau, vent violent et augmentation de la température ; et d'ordre non climatiques : difficultés d'accès aux intrants, insuffisance d'équipements, ravageurs, commercialisation et manque de formation et d'organisation.

Mots-clés: Maraîchage, adaptation, changements climatiques, Maroua

Diversity of Crop Species and Strategies for Adapting to Climate Change: The Case of Market Gardening in the District of Maroua I /Cameroon

Anguessin Benjamine

Département des Sciences Environnementales, École Nationale Supérieure Polytechnique, Université de Maroua, Cameroun.

Laboratoire de Biodiversité et de développement Durable, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, Cameroun

Bouikoum Wadou

Département des Sciences Environnementales, École Nationale Supérieure Polytechnique, Université de Maroua, Cameroun

Abstract

The city of Maroua is subject to climatic variability that affects agricultural production and household food security. Various strategies have been developed to cope with this, including market gardening along waterways as a means of resilience. The aim of this study is to identify the different species grown and the constraints associated with this activity in order to improve resilience to climate change. To achieve this, a six-month exploratory survey was carried out using a questionnaire-based individual interview method with 240 market gardeners and direct observation. The results showed that, in order to carry out market gardening successfully, growers vary their crops according to their means, area and the types of crop grown. Several species were selected to adapt to climate change, including vegetables (24%), onions (31%), carrots (5%), tomatoes (7%), lettuce (6%), cabbage (5%), carrots (5%), green condiments (5%), watermelon (1%) and potatoes (1%), and other crops (14%) consisting of moringa, aubergine and cucumber. The main source of irrigation for market garden crops is surface water, used by over 90% of growers. Market gardening remains a very

profitable activity in Maroua, whatever the type of crop. The difficulties associated with this activity are mainly climatic: unpredictable rainfall, lack of water, strong winds and rising temperatures; and non-climatic: difficulties accessing inputs, inadequate equipment, pests, marketing and lack of training and organization.

Keywords: Market gardening, adaptation, climate change, Maroua

Introduction

La région de l'Extrême-nord/Cameroun où la pauvreté est la plus marquée avec 30% des pauvres apparaît comme une des plus vulnérables aux défis génériques du Sahel (précarité environnementale avec des terres dégradées, aggravée par le changement climatique, sur fond d'explosion démographique et de la secte Boko Haram) (PNSA, 2017). L'agriculture et l'élevage restent l'activité principale de cette contrée. Néanmoins la forte variabilité inter et intra annuelle de la pluviométrie provoque une grande vulnérabilité des systèmes ruraux les plus dépendants des pluies comme le cas de l'agriculture (GIEC, 2001). Il est donc urgent de repenser à d'autres stratégies de gestion durable capable de garantir la sécurité alimentaire. Dans ce contexte, les stratégies d'adaptations aux changements climatiques pourront rehausser le niveau de vie de la population de cette région en fournissant un facteur de résilience aux systèmes de subsistance.

De ce point de vue, les cultures de contre saisons en général permettent de combler les mauvaises récoltes issues de la saison pluvieuse suite au manque de pluie et parfois à des inondations. C'est ainsi que les cultures maraîchères offrent des opportunités pour lutter contre l'insécurité alimentaire. En effet, le maraîchage assure la production d'une gamme variée de légumes et de fruits qui permet également d'améliorer le régime alimentaire des ménages (Bognini, 2010). La culture maraîchère fait partie des activités qui visent l'amélioration des rations alimentaires et des conditions économiques des ménages en milieu rural qu'en milieu urbain. Elle peut jouer un rôle déterminant dans l'approvisionnement alimentaire, la création d'emplois et la génération des revenus (Gendreau, 2008).

Les populations de l'arrondissement de Maroua 1^{er} s'adonnent depuis quelques années au maraîchage (cultures de contre saison) au bord des cours d'eau et dans des zones irriguées. Cette activité leur permet de multiplier leurs sources de revenus et de compléter les mauvaises récoltes de saison pluvieuse comme stratégie d'adaptation aux changements climatiques.

La présente étude se donne pour objectif général de contribuer à l'amélioration des stratégies d'adaptation aux changements climatiques afin d'accroître la production maraîchère pour une meilleure résilience. Il s'agit spécifiquement d'identifier les différentes espèces cultivées dans l'agriculture

maraîchère ainsi que les contraintes liées au maraîchage et de proposer quelques solutions.

Matériel et méthodes

Présentation de la zone d'étude

L'arrondissement de Maroua 1^{er} est une commune du Cameroun située dans la région de l'Extrême-Nord et le département du Diamaré (Figure 1). Il est limitrophe au Nord avec les communes de Maroua 2^{ème} et de Meri, au Sud avec les communes de Mindif et de Moutourwa, à l'Est avec la commune de Maroua 3^{ème} et à l'Ouest avec les communes de Gazawa et de Ndoukoula. Il couvre une superficie d'environ 660 km² (PCD, 2015). Le choix du site s'explique par l'existence des zones irriguées, la proximité de ces quartiers avec les cours d'eau et la disponibilité d'eau pendant une bonne partie de l'année.

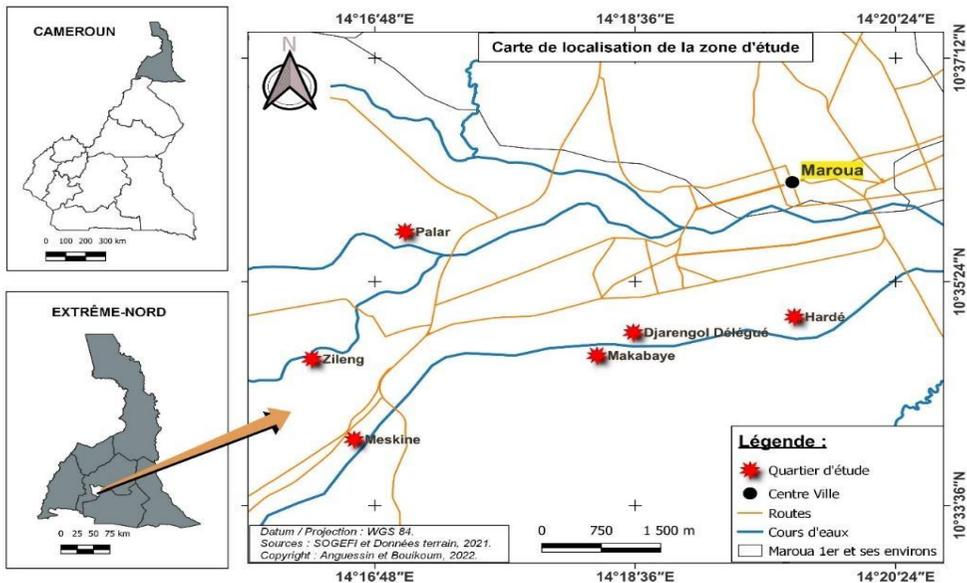


Figure 1. Carte de localisation de la zone d'étude

Matériel

Le matériel utilisé dans le cadre de cette étude est composé des téléphones androïdes où a été installé l'application Kobo Collect pour la collecte des données auprès des maraîchers ainsi que la prise des coordonnées géographiques des sites d'étude. L'appareil photo numérique a servi pour des illustrations de pratiques maraîchères. Un guide et un traducteur ont permis respectivement de faciliter l'accès dans les différents sites ainsi que la traduction en langue locale.

Méthodes

Dans la réalisation de cette étude, une enquête exploratoire de six mois a été effectuée. La collecte des données s'est faite grâce à la méthode d'interview individuelle sur la base d'un questionnaire auprès de producteurs et l'observation directe. Le travail d'enquêtes de terrain s'est fait par étapes, en allant toujours du général au particulier : des questionnaires d'entretien ont été élaborées afin de collecter les informations sur les stratégies d'adaptation aux changements climatiques tels que: les facteurs qui expliquent le choix du maraîchage, les incidences socioéconomiques du maraîchage en tant que stratégie d'adaptation, les informations sociodémographiques et socio-économiques des maraîchers, les caractéristiques des sites, les systèmes de production maraîchère, le types de cultures, les spéculations produites, la commercialisation des produits, les difficultés auxquelles les maraîchers font face ainsi que les solutions apportées à ces difficultés. L'observation directe a été aussi utilisée pour enregistrer des informations complémentaires telles que la prise des images, caractériser les champs, le comportement des cultures et le système d'approvisionnement en eau.

Les enquêtes ont été réalisées dans les quartiers Hardé, Djarengol, Makabayé, Meskine, Palar et Zileng qui sont des quartiers par excellence de la culture maraîchère que compte l'arrondissement de Maroua 1^{er}. Le souci était de faire une couverture géographique aussi large de la zone pour bien comprendre la diversité ainsi que les similitudes. Dans cette phase, il s'agissait de discuter avec les maraîchers et toute personne ressource sur les activités qui sont menées dans le quartier en terme de stratégies d'adaptation et diversité floristique des espèces cultivées.

Dans le cadre de cette étude, la population cible est constituée des maraîchers urbains. La technique d'échantillonnage par choix raisonné a été utilisée pour retenir les individus à enquêter. Au total 240 maraîchers ont accepté, volontairement, de consacrer une partie de leur temps pour répondre au formulaire dont 207 hommes et 33 femmes.

Traitement et analyse des données

Les données collectées ont été saisies et traitées à l'aide d'un tableur Microsoft Excel afin d'extraire et de capitaliser les informations sous forme numérique facilement utilisables. Les cartes quant à elles, ont été réalisées avec le logiciel Quantum GIS version 3.20.0. La collecte des données sur le terrain a été facilitée par l'application Kobo Collect v2022.2.3. Il s'agit des questionnaires préalablement établis qui ont été introduits dans l'application Kobo Collect. Ce qui permet de visualiser les données en temps réel et d'avoir les premières analyses pendant l'évolution de l'enquête.

Résultats

Caractéristiques sociodémographiques des maraîchers

Les producteurs maraîchers de la ville de Maroua plus particulièrement des quartiers Hardé, Djarengol, Makabayé, Meskine, Palar et Zileng sont des locaux. Ils ont tous comme principale activité l'agriculture, leur longue expérience dans ce domaine leur confère une certaine expertise et un fort attachement à l'activité maraîchère. Ces producteurs, selon leur responsabilité et leur mode d'exploitation peuvent être classés en trois groupes : homme, femme et jeune.

Situation des maraîchers par genre et tranche d'âge

Les résultats obtenus montrent que 86 % des enquêtés sont des hommes tandis que 14 % sont des femmes. Le faible taux de représentativité des femmes dans la pratique de cette culture s'expliquerait par le fait que la culture maraîchère est une culture en majeure partie effectuée par les hommes, un travail qui demande beaucoup d'effort physique. Il serait souhaitable d'associer plus les femmes dans cette activité afin d'améliorer la production maraîchère.

La figure 2 relative aux tranches d'âges enquêtées, permet d'observer que 37 % des enquêtés sont âgés de 20 à 29 ans, 34 % sont âgés de 30 à 39 ans, 15 % sont âgés de 40 à 49 ans et 4 % ont 50 à 59 ans. Environ 70 % des maraîchers sont dans la tranche d'âge 20-40 ans. En effet le maraîchage est une activité qui demande de la force physique c'est pourquoi les jeunes adultes (20-40 ans) pratiquent le plus le maraîchage dans la commune de Maroua 1^{er}.

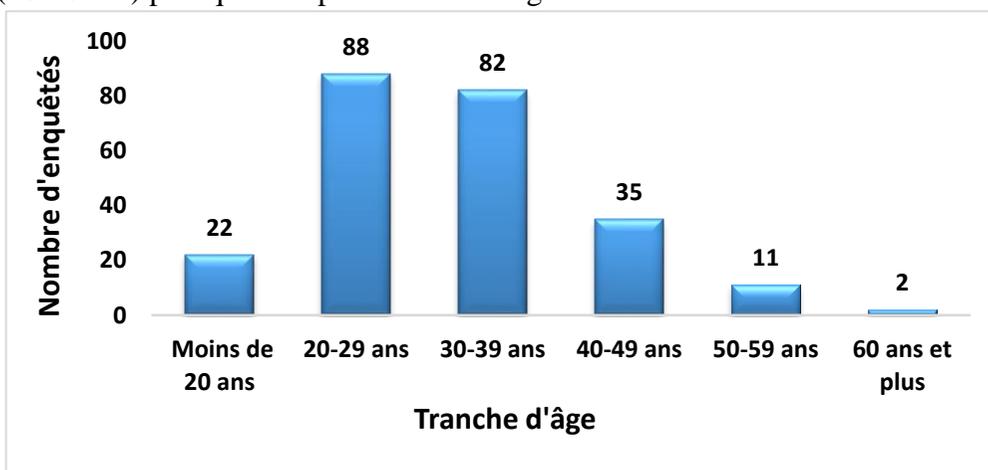


Figure 2. Répartition des enquêtés par tranche d'âge

Situation des enquêtés par activité principale

Les producteurs enquêtés sont presque tous des agriculteurs (87,50 %). Néanmoins certains se donnent également à cette activité ; c'est le cas des

Élèves, des Entrepreneurs, des Fonctionnaires, des Ménagères, des Pasteurs et des Sans Professions (Figure 3).

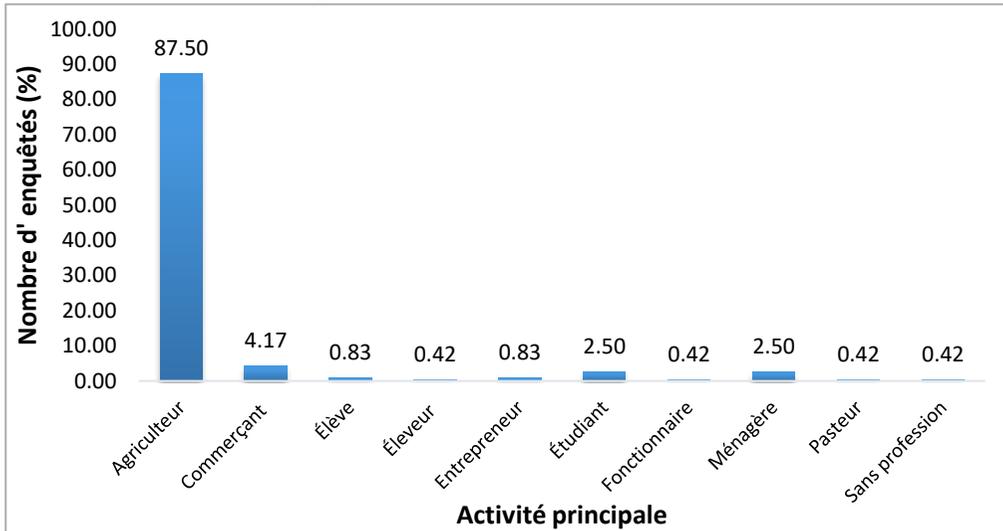


Figure 3. Histogramme de répartition des enquêtés par activité principale

Situation des maraîchers par groupe ethnique

La population de Maroua 1^{er} en général et des quartiers Hardé, Djarengol, Makabaye, Meskine, Palar et Zileng en particulier est constituée de plusieurs groupes ethniques (Figure 4). L’ethnie majoritaire qui pratique le maraîchage est constitué des Moufou avec 20%, suivi des Guiziga (16,25%), des Mafa (14,58%), des Peuls (12,08%), des Moundang (8,75%) et les 28,33% restant sont constitués entre autres des Dabba, Guemzek, Guidar, Kanouri, Kapsiki, Kotoko, Mandara, Marba, Massa, Mousgoum, Toupouri et Zoulgo.

La présence en grande partie des Moufou, Mafa et Guiziga dans la production maraîchère s’explique d’une part par la proximité de leur localité et d’autres part par la bonne maîtrise de cette culture.

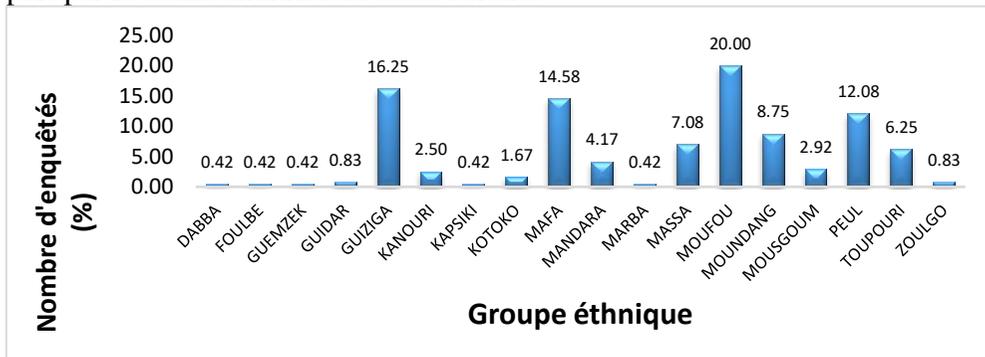


Figure 4. Répartition des enquêtés par groupe ethnique

Diversité floristique des espèces cultivées

Pour mener à bien le maraîchage, les producteurs font varier les cultures en fonction de leur moyen, de la superficie et des types de culture pratiquée. Plusieurs espèces ont été sélectionnées pour leur capacité à s'adapter aux changements climatiques (Figure 5) notamment les légumes-feuilles 24 %, l'oignon 31%, la tomate 7%, la laitue 6%, le chou 5%, la carotte 5%, les condiments verts 5%, la pastèque 1%, la patate 1% et autres 14 %. Selon les producteurs, la variété d'oignon cultivée a un cycle court de quelques mois et donnent un meilleur rendement. Les producteurs maraîchers ont tendance à pratiquer majoritairement les mêmes types de culture pratiquement pendant les mêmes périodes de semis. Les espèces les moins cultivées sont la patate, le manioc et la pastèque. Les légumes-feuilles (24%) sont composés essentiellement du Foléré (*Hibiscus sabdariffa*), du Gombo (*Abelmoschus esculentus*), du Gouboudo (*Sesamun angolense*), du Morel (*Solanum nigrum*), de Tasba (*Senna tora*) et Lalo (*Corchorus olitorius*).

Pour les condiments verts (5%) quant à eux, nous pouvons citer le Céleri (*Apium graveolens*), le Basilic (*Ocimum gratissimum*), le Piment (*Capsicum frutescens*), le Poireau (*Allium porrum*), le Poivron (*Capsicum annum*) et le Persil (*Petroselinum crispum*). Les autres cultures (14%) sont constituées de Moringa (*Moringa oleifera*), l'Aubergine (*Solanum melongena*) et le Concombre (*Cucumis sativus*). Il est à noter que certains arbres se retrouvent parsemés dans leur parcelle. Il s'agit notamment des agrumes (Citron, Mandarine, Pamplemousse et Oranger) et les autres arbres fruitiers (Manguier, Goyavier et Papayer). Ces arbres jouent un rôle très important pour les maraîchers car en plus de l'ombrage et du microclimat doux qu'ils peuvent en profiter pour se reposer lors de leur pause, ces arbres produisent aussi des fruits qui peuvent être consommés et vendus sur place et dans les marchés.

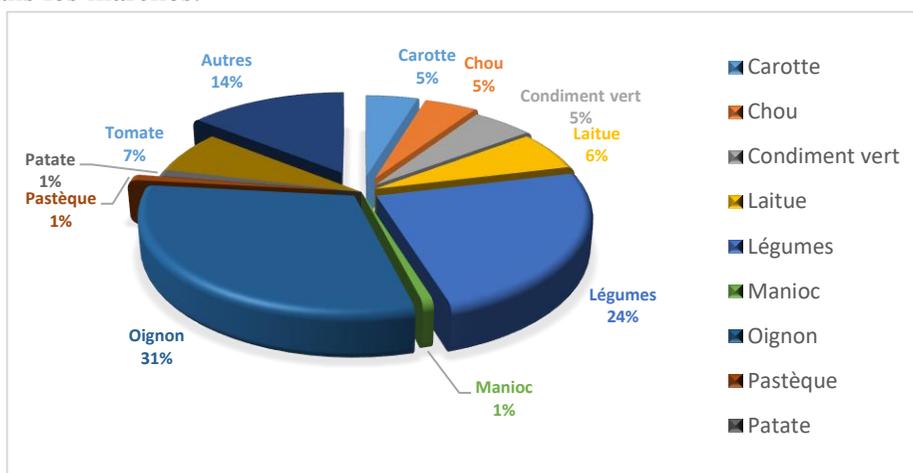


Figure 5. Répartition des types de cultures maraîchères

Dix-sept familles botaniques ont été dénombrées dans les différentes parcelles des cultures maraîchères de la ville de Maroua. Les familles les plus représentées sont les *Solanaceae* (05), *Rutaceae* (04), *Malvaceae* (03), *Apiaceae* (03), *Cucurbitaceae* (02) et *Liliaceae* (02) (Tableau 1).

Tableau 1. Diversité floristique des espèces rencontrées dans les parcelles cultivées

Familles	Noms scientifiques	Noms communs (français)	Noms locaux (fulfuldé)
<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum nigrum</i> L.	Morelle	Houlahada
	<i>Capsicum annum</i> L.	Poivron	/
	<i>Capsicum frutescens</i> L.	Piment	Tchitta
	<i>Solanum melongena</i> L.	Aubergine	Yalodjé
	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	Tomate	/
<i>Rutaceae</i>	<i>Citrus limon</i> (L.) Burn.f.	Citronnier	Lemou
	<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	Mandarinier	/
	<i>Citrus maxima</i> (Burm.) Merr.	Pamplemoussier	/
<i>Malvaceae</i>	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbek.	Orangier	/
	<i>Corchorus oltorius</i> L.	Corète potagère	Lalo
	<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	Oseille de Guinée	Foléré
	<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench	Gombo	Baskodjé
<i>Apiaceae</i>	<i>Daucus carota</i> L.	Carotte	/
	<i>Apium graveolens</i> L.	Céleri	/
	<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.)Fuss	Persil	
<i>Cucurbitaceae</i>	<i>Cucumis sativus</i> L.	Concombre	Kourtchi
	<i>Citrillus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. et Nakai.	Pastèque	/
<i>Liliaceae</i>	<i>Allium cepa</i> L.	Oignon	Tignéré
	<i>Allium porrum</i> L.	Poireau	/
<i>Brassicaseae</i>	<i>Brassica oleracea</i> L.	Chou	/
<i>Asteraceae</i>	<i>Lactuca sativa</i> L.	Laitue	Salade
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Manihot esculenta</i>	Manioc	Baï
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Ipomea batatas</i> (L.) Lam.	Patate	Dankali
<i>Fabaceae</i>	<i>Senna tora</i> (L.) Roxb.	Cassier	Tasba
<i>Pedaliaceae</i>	<i>Sesamun angolense</i> Welw.	/	Gouboudo
<i>Lamiaceae</i>	<i>Ocimum gratissimum</i> L.	Basilic	/
<i>Moringaceae</i>	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringa	Guiligandja
<i>Caricaceae</i>	<i>Carica papaya</i> L.	Papayer	Doukouhi
<i>Myrtaceae</i>	<i>Psidium guayava</i> L.	Goyavier	Goyof
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Mangifera indica</i> L.	Manguier	Mongorohi

Sources d'irrigation pour les cultures maraîchères

L'eau est un facteur de production essentiel en agriculture tant pour l'agriculture pluviale que pour l'agriculture de saison sèche. Sa disponibilité est beaucoup sensible en agriculture de contre saison (saison sèche). La principale source d'irrigation pour les cultures maraîchères est l'eau de surface utilisée par plus de 90% des producteurs maraîchers à Maroua. L'autre source est l'eau issue des puits, donc l'eau souterraine. Les puits ont une profondeur moyenne de 5m (Figure 6).



(a) : Motopompe prenant l'eau dans un puits foré

(b) : Puits pour arrosage

Figure 6. Différentes sources d'irrigation pour les cultures maraîchères

Superficie cultivée

Les superficies des champs cultivés par les maraîchers varient en fonction de leurs moyens. La figure 7 illustre à suffisance la pertinence de l'espace occupé pour la production maraîchère ; 41,3% des enquêtés exploitent majoritairement 0,25 ha. Il ressort de cette analyse que les maraîchers travaillent beaucoup plus sur une superficie moyennant 0,25 ha soit une équivalence d'un (01) quart d'hectare. La faible utilisation des grandes parcelles (10 ha) s'explique par le manque de moyen financier pour cultiver dans une grande superficie car, ceci nécessite une grande quantité d'eau, une quantité énorme de fertilisants et des semences sans toutefois oublier la main d'œuvre qualifiée.

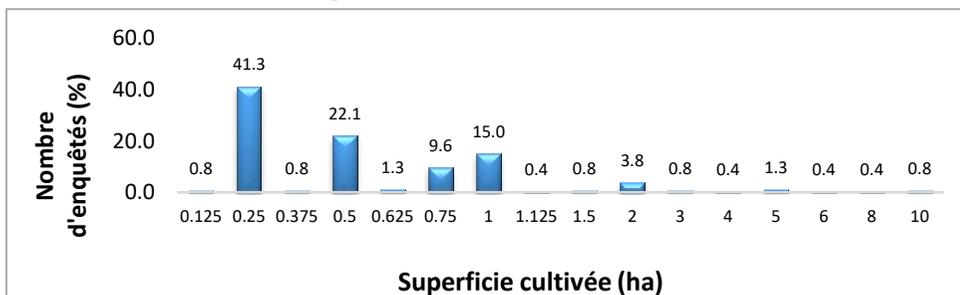


Figure 7. Superficie des champs cultivé

Période et mois de culture

La figure 8 présente les différentes périodes de culture et les mois propices pour débiter les cultures maraîchères. 52 % des enquêtés pratiquent le maraîchage toute l'année tandis que 46 % le pratiquent uniquement pendant la saison sèche et 2% pendant la saison pluvieuse. Les maraîchers pensent que pratiquer toute l'année ou commencer tôt aurait un effet bénéfique sur le revenu annuel. Le mois de Novembre est le début de la campagne pour la plupart des maraîchers. La taille de l'exploitation varie d'une période à une autre. Elle diminue généralement en saison pluvieuse à cause des travaux champêtres. D'autre part, en cas de dessèchement des sources d'eau ou de grande chaleur, certains maraîchers préfèrent arrêter l'activité.



Figure 8. Période de culture

But de culture

Le principal but du maraîchage (Figure 9) est la production pour la vente uniquement (52,50%), ensuite pour l'association vente et autoconsommation (43,75%). Ceux qui font uniquement cette culture pour les besoins alimentaires sont moins nombreux (3,33%) et enfin l'utilisation à des fins expérimentaux (0,42%). Comme toute activité génératrice des revenus et à caractère agro-alimentaire, les producteurs pratiquent le maraîchage pour diverses raisons à savoir la diversification de leurs revenus et l'alimentation familiale. Au-delà des revenus et de l'alimentation, l'une des raisons de la pratique du maraîchage est le paiement des dettes empruntées en saison pluvieuse pour la culture de coton (engrais chimiques et pesticides). Les maraîchers utilisent également leurs revenus dans la gestion des problèmes de santé, le secteur éducatif n'est pas en reste. Le revenu de l'activité maraîchère joue également un grand rôle dans le paiement de frais de scolarisation des enfants, d'achat de fournitures, de vêtements et diverses autres dépenses liées à l'éducation. Les cultures maraîchères ont donc un impact très considérable

sur la vie socio-économique de la population, la lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire.

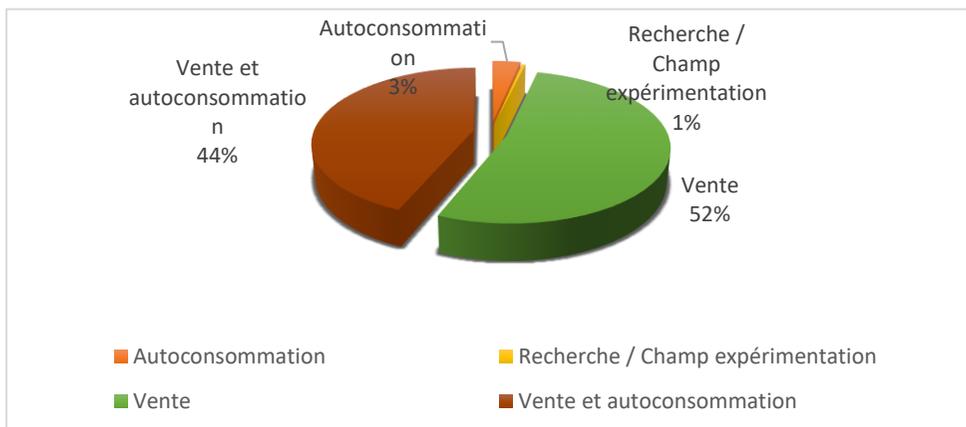


Figure 9. But de culture maraîchère

Type de mesure et type de clients

Les types de mesure les plus utilisés sont le sac, les détails (sceau, tas) et le carton (Figure 10 a). Le sac domine avec un taux de 47%. Néanmoins la tomate est vendue généralement dans les cartons (5%). Les cartons ont un double avantage, car ils sont un moyen de mesure et permettent également une meilleure conservation lors du transport dans les différents points de vente. La majorité des producteurs liquident leurs produits (Figure 10 b) chez les grossistes et les détaillants (76%).

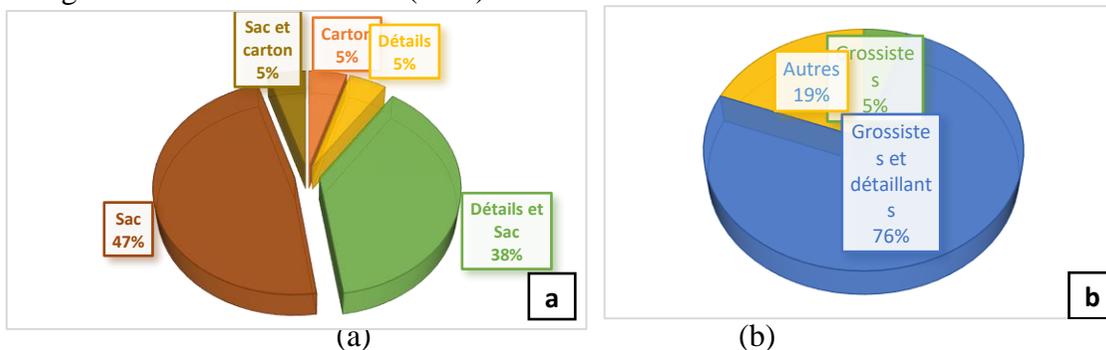


Figure 10. Types de mesure (a) et types de clients (b)

Prix de vente et dépense

Le prix de vente et les bénéfices des produits récoltés diffèrent selon le type de conditionnement et le type d'espèce cultivée (Tableau 2).

Tableau 2. Prix de vente en fonction du type de matériels de mesure (FCFA)

Spéculations	Détails (Sceau, tas, unité)		Sac		Carton	
	Prix Min.	Prix Max.	Prix Min.	Prix Max.	Prix Min.	Prix Max.
Agrumes	500	2 000	30 000	50 000	/	/
Manguier, Goyavier et Papayer	100	200	/	/	3 500	8 000
Carotte	500	2 000	6 500	12 000	/	/
Chou	100	3000	1000	5000	/	/
Laitue	100	500	1000	5000	/	/
Légumes-feuilles	25	100	3 500	8 000	/	/
Oignon	500	2 000	10 000	25 000	/	/
Pastèque	100	2 000	/	/	/	/
Patates	100	500	7 000	10 000	/	/
Tomate	/	/	/	/	4 000	8 000

Prix de vente annuel et dépense annuelle par hectare (Ha)

La culture maraîchère reste une activité très rentable quel que soit le type d'espèce cultivée puisque les bénéfices obtenus sont plus élevés par rapport aux dépenses effectuées (Tableau 3).

Tableau 3. Prix de vente annuel et dépense annuelle par Hectare (Ha)

Types de culture	Prix de vente (FCFA) annuel par Ha		Dépense (FCFA) annuelle par Ha	
	Prix Min.	Prix Max.	Dépense Min.	Dépense Max.
Agrumes	1 500 000	28 000 000	300 000	2 000 000
Manguier, Goyavier et Papayer	1 000 000	4 000 000	200 000	800 000
Carotte	1 200 000	4 000 000	400 000	800 000
Condiment vert	1 000 000	4 000 000	500 000	1 000 000
Légumes-feuilles	1 000 000	4 000 000	500 000	1 000 000
Oignon	60 000	8 000 000	50 000	2 000 000
Pastèque	100 000	800 000	100 000	500 000
Patates	100 000	500 000	30 000	70 000
Tomate	1 000 000	2 400 000	400 000	800 000

Lieu de vente

La production maraîchère est presque entièrement vendue dans les marchés hebdomadaires et dans les champs pendant la récolte (Figure 11). Les produits maraîchers sont très peu transformés. Les techniques de conservation ne sont pas à la portée du producteur. 52 % des maraîchers se chargent de

vendre leur produit sur le marché local, 44 % vendent leurs produits en champ, 3% à la maison et 1% dans d'autres villes telles que Yaoundé, Douala et Garoua. Le problème qui ressort le plus reste la mévente à cause de la saturation du marché en période d'abondance, raison pour laquelle certains préfèrent vendre leurs produits en champ (44%) sur place et cela évite le coût de transport et la secousse des produits qui peuvent être endommagés lors de leur transport suite au mauvais état des routes.

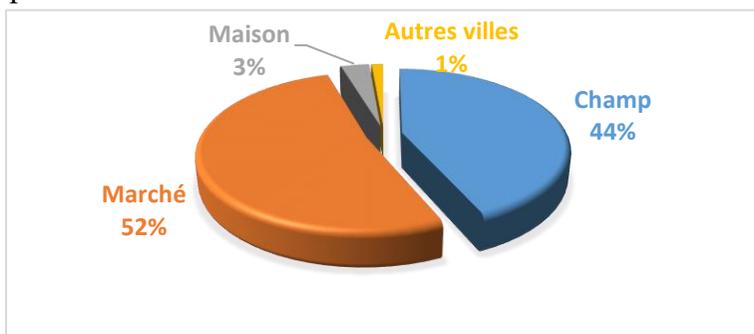


Figure 11. Lieu de vente des cultures maraîchères

Rentabilité en fonction du type de fertilisant utilisé et produits phytosanitaires

De façon générale, 48% des producteurs fertilisent leurs parcelles agricoles à l'aide d'engrais chimique ou minéral, 41% avec les deux fertilisants (chimique et organique) et 11% pour le fertilisant organique uniquement (Figure 12). Les engrais utilisés ne sont souvent pas des formulations recommandées pour les cultures maraîchères.

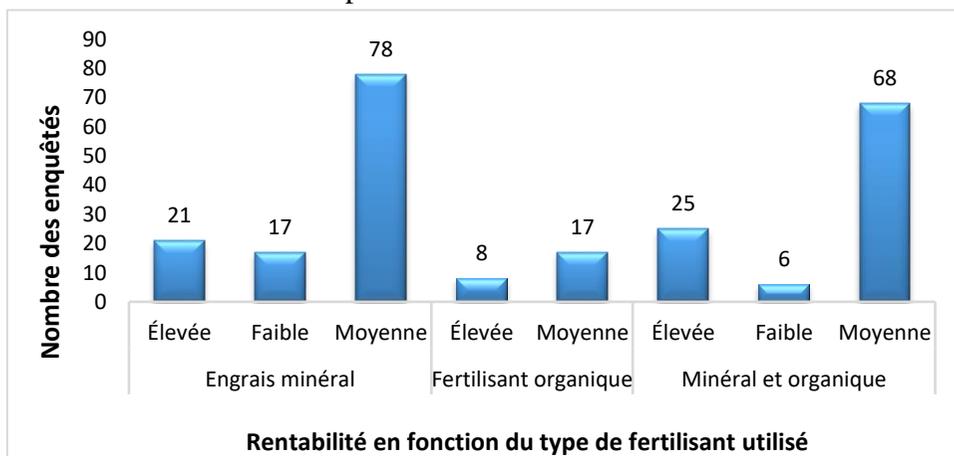


Figure 12. Rentabilité en fonction du type de fertilisant utilisé

Certains maraîchers optent pour l'utilisation des fertilisants chimiques (Figure 13) pour un bon rendement et une bonne biomasse. C'est le cas des

oignons et de carottes. Par contre d'autres utilisent uniquement le fertilisant organique pour des raisons financières, pour restaurer le sol dégradé et avoir un bon rendement sur une longue période.

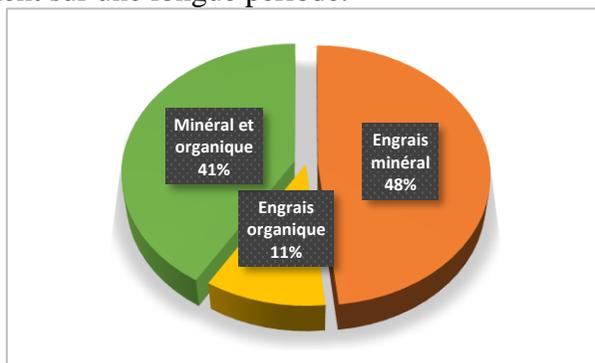


Figure 13. Fertilisant utilisé

Quant aux pesticides et herbicides, ils n'utilisent que ce qu'ils trouvent. Beaucoup utilisent les produits phytosanitaires du coton. La plupart des producteurs n'ont pas reçu une formation sur les techniques d'usages de ces produits.

Difficultés liées à la pratique des cultures maraîchères

Les difficultés liées au maraîchage (Tableau 4 et Figure 14) sont surtout d'ordres climatiques (la situation aléatoire des pluies, le manque d'eau, les vents violents et l'augmentation de la température) et non climatiques (les difficultés d'accès aux intrants, l'insuffisance d'équipements, les dégâts des animaux et des parasites, l'insuffisance de qualification, la commercialisation et l'organisation).

Tableau 4. Proposition de solutions aux difficultés liées au maraîchage

Difficultés et contraintes	Stratégies de gestion
Dosage d'engrais	Respecter la dose d'amendement préinscrite sur l'emballage
Problème d'accès aux terres	Location et achat des parcelles
Conflits agropastoraux et vol	Enclos, haies vives, paiement d'amende, le chef de quartier
Manque d'eau	Creuser des puits et des forages ; gestion durable de l'eau
Inondation	Drainage par les tuyaux fonctionnant avec les moteurs
Manque d'acheteurs	Conservation, transformation et autoconsommation
Manque de moyens financiers	Prendre de prêt, rembourser après-vente et financement par l'état et ONG...

Panne de motopompe et hausse de prix de carburant	Entretien des motopompes et gestion rationnelle du carburant et parfois utiliser l'eau de puits pour arroser
Inondations	Faire des barrières mécaniques comme les digues
Problème de conservation et problème de transport	Chercher un bon magasin avec aération de l'enceinte, arranger les routes
Ravageurs (criquets, rongeurs, chenilles...) et mauvaises herbes	Utilisation des bio pesticides, technique de chasse, jachère, rotation de cultures...
Qualité et cherté de semences	S'approvisionner aux près des instituts de recherche et trier la bonne semence pendant les récoltes



Figure 14. Pulvérisation d'un champ d'oignon à Makabaye (a), Attaque d'une culture par les chenilles à Zileng (b) et protection d'un point d'eau pour une gestion durable à Meskine (c)

Raison de la pratique de culture maraîchère

Au regard de ce qui précède, plusieurs raisons perceptibles ont poussé les maraîchers à pratiquer les cultures maraîchères (Tableau 5). Les maraîchers pratiquent le maraîchage beaucoup plus pour la bonne maîtrise de la culture (61,18%), par rapport à l'aléa climatique (16,77%) et afin de palier aussi aux mauvaises récoltes. Les raisons telles que l'alimentation, le contrôle des paramètres hydriques, l'héritage, le manque de travail, les moyens de subsistance, la rentabilité élevée et la valeur économique ne sont pas trop prises en compte.

Pour faire face à ces impacts, on peut mettre en place plusieurs actions à savoir l'utilisation plus rationnelle des ressources en eau, la construction de barrières mécaniques (digue, diguettes et cordons pierreux) contre l'érosion hydrique lors des inondations, le choix de cultures plus résistantes à la sécheresse, encourager les techniques agro écologiques (compostage, rotations des cultures, jachère...) et l'organisation des maraîchers en association.

Tableau 5. Raison de la pratique des cultures maraîchères

Raison pratique culture maraîchère	Fréquence (%)
Aléas climatiques	16,77
Alimentation	1,55
Bonne maîtrise de la culture	61,18
Compléter les mauvaises récoltes	9,01
Contrôle des paramètres hydriques	2,48
Héritage	0,31
Manque de travail	0,62
Moyens de subsistance	3,11
Rentabilité élevée	0,93
Valeur économique	4,04
TOTAL	100

Discussion

La culture maraîchère est une culture en majeure partie effectuée par les hommes (86 %) dans l'arrondissement de Maroua 1^{er} le long des cours d'eau. Tandis qu'une petite minorité de femmes (14 %) s'y intéresse. Ce travail demande beaucoup d'effort et généralement la femme ne pouvant pas supporter certaines tâches s'occupe beaucoup plus de la commercialisation. Elle est chargée de la vente des produits agricoles en général et maraîchers en particulier. Guetat-Bernard (2015) a montré que la femme au-delà de cette considération joue un rôle prépondérant dans les activités de production maraîchère comme dans celles de l'ensemble de l'agriculture familiale.

Les espèces cultivées sont de plusieurs ordres : la carotte, les arbres fruitiers, les légumes-feuilles, les légumes fruits, la laitue, le chou, l'oignon, la pastèque, la patate, les condiments verts et la tomate. Toutes ces espèces sont cultivées en saison pluvieuse comme en saison sèche. Néanmoins le maraîchage est beaucoup plus accentué en saison sèche. Cela est perceptible à travers les propos de Doudoua (2020) qui a montré que dans la ville de Moundou comme partout ailleurs en Afrique sahélienne, le maraîchage se pratique en général pendant la saison sèche, avec une production maximale en janvier-février. Toutefois, il y a bien d'espèces comme la tomate et le gombo qui s'adaptent bien en saison pluvieuse qu'en saison sèche (Issa et al, 2008). Les producteurs ont tendance à pratiquer majoritairement les mêmes types de culture pratiquement pendant les mêmes périodes de semis. Les espèces les moins cultivées sont la patate, le manioc et la pastèque.

La population locale pratique le maraîchage dans la mesure où elle contribue à résoudre les problèmes de famine, la scolarisation des enfants et pour les soins de santé. En allant dans le même sens, Bognini (2011) a montré que les revenus issus de cette activité leur permettraient de faire face aux

périodes de soudure et contribueraient à l'atteinte de la sécurité alimentaire. L'importance socioéconomique du maraîchage n'est plus donc à prouver.

De façon générale, les producteurs prônent l'utilisation de l'engrais chimique ou minéral. Certains maraîchers optent pour l'utilisation des fertilisants chimiques pour un bon rendement et une bonne biomasse. Par contre ces engrais chimiques utilisés ne sont souvent pas des formulations recommandées pour les cultures maraîchères et ont un impact considérable sur la santé de l'Homme. Naika et al. (2005) ont montré qu'afin d'obtenir des rendements élevés chez la tomate l'apport des fertilisants est nécessaire. La plupart des producteurs n'ont pas reçu une formation sur les techniques d'usages d'amendement à base de fertilisants chimiques et ces engrais sont parfois chers et pas accessible à tout le monde. Il serait judicieux de les encourager à utiliser les amendements à base des fertilisants organiques, moins coûteux avec une faible dangerosité sur la santé humaine. Malgré la lenteur des effets des fertilisants organiques qui correspond en effet à la phase de décomposition pour la libération des nutriments, la récolte sera très bonne avec les rendements élevés et les espèces porteront des gros fruits. Vu le manque de moyens financiers pour l'achat des engrais chimiques qui deviennent de plus en plus rares et chers, l'utilisation des fertilisants organiques demeure la meilleure option. Pour une culture dont on aimerait avoir des gros fruits l'utilisation des fertilisants organiques à base des litières de *Jatropha curcas* pourrait être conseillée. Les litières augmenteraient donc de la matière organique du sol qui conduira à une amélioration de la qualité minérale de la plante ainsi que des aliments (Anguessin et al., 2021).

Les difficultés liées au changement climatique rencontrées par les maraîchers de Maroua 1^{er} sont surtout la situation aléatoire des pluies, le manque d'eau, les vents violents et l'augmentation de la température. Ce constat a été relevé par plusieurs chercheurs qui ont montré que le changement climatique aurait plusieurs impacts négatifs sur les systèmes agricoles à savoir la diminution en ressources en eau, une augmentation de sécheresse et l'arrivée des nouveaux ravageurs (Margot et Elina, 2021). Le stress hydrique sera aggravé d'où l'impact négatif sur l'agriculture (Bouazza et al., 2002). Pour faire face à ce phénomène de changement climatique, les techniques d'adaptation au changement climatique adoptés par les maraîchers visent pour la plupart à rendre l'eau disponible pour l'irrigation ou à maintenir pendant longtemps l'humidité du sol. La construction des puits maraîchers dans les jardins potagers favorise le prélèvement de l'eau en saison sèche. Les puits sont d'une faible profondeur de 5m maximum. Ils sont généralement creusés en début de saison sèche, juste après les récoltes de cultures pluviales. L'eau de surface constitue plus de 90% des sources d'irrigation des producteurs maraîchers situés à plus d'un km des retenues d'eau. Leur limite reste leur dessèchement précoce compte tenu de leur faible profondeur (Bognini, 2006).

Bien que la culture maraîchère ait un impact sur la survie de la population, quelques difficultés ont été recensées dans la pratique de cette activité notamment les ravageurs de cultures comme les chenilles, les criquets pèlerins, les rongeurs, les insectes ; les mauvaises herbes, les inondations, l'accessibilités aux intrants agricoles et l'écoulement des produits pendant certaines périodes difficiles dues aux manques de routes et des moyens de déplacement. De même Doudoua (2020) a relevé qu'en amont de la production, l'on mentionne l'accès au foncier, l'inondation, l'approvisionnement en intrants agricoles et surtout la divagation des animaux. On convient avec (Kanda et al., 2014), qu'au-delà de l'aspect foncier la difficulté d'accès aux produits phytosanitaires conseillés pour protéger les cultures et celle d'accès aux matériels agricoles adaptés sont des contraintes qui limitent la bonne production maraîchère. Ce qui empêche d'obtenir de bons rendements et de bénéficier de bon prix sur le marché. En effet, ce sont les mêmes parcelles pour la plupart qui sont utilisées pour les cultures pluviales et celles de saison sèche. En saison pluvieuse, les moyens d'adaptation des maraîchers au changement climatique sont essentiellement : l'adoption des techniques agro-forestières. Les producteurs entreprennent des plantations d'arbres utilitaires (manguier, goyavier, oranger, citronnier...) qu'ils intègrent dans leurs champs ainsi que des haies vives. La présence des arbres sur le site va contribuer à la formation du sol et leur fertilité et les litières augmenteraient de la matière organique du sol qui conduira à une amélioration de la qualité minérale de la plante ainsi que des aliments (Anguessin et al., 2021).

La ville de Maroua connaît aussi un problème des conflits agropastoraux avec la divagation des animaux sans berger, compte tenu de la situation géographique des cultures qui sont autour des villes le long des cours d'eaux. Ils n'ont pas souvent des moyens financiers et des techniques appropriées pour la clôture de leurs champs. Doudoua (2020) l'a également confirmé dans ses travaux soulignant que, situés en pleine ville, les maraîchers n'ont pas de moyens pour clôturer les parcelles en matériaux solides mais n'utilisent que des matériaux fragiles, en l'occurrence les tiges de sorgho.

Conclusion

La population de Maroua 1^{er} souffre des problèmes liés aux effets du changement climatique. Cette situation affecte la production agricole et la sécurité alimentaire des ménages. Pour y faire face, plusieurs espèces ont été sélectionnées pour leur capacité d'adaptation aux changements climatiques notamment des légumes-feuilles 24 %, oignons 31%, carottes 5%, tomates 7%, laitue 6%, chou 5%, carotte 5%, condiments verts 5%, pastèque 1%, patate 1% et autres cultures (14%) constituées de moringa, aubergine et concombre. La principale source d'irrigation pour les cultures maraîchères est

l'eau de surface utilisée par plus de 90% des producteurs. Le maraîchage reste une activité très rentable dans la ville de Maroua quel que soit le type d'espèce cultivée. Les difficultés liées à cette activité sont surtout d'ordre climatique : la situation aléatoire des pluies, le manque d'eau, les vents violents et l'augmentation de la température ; et d'ordre non climatique : la difficultés d'accès aux intrants, l'insuffisance d'équipements, les ravageurs, la commercialisation, le manque de formation et d'organisation. Il serait souhaitable de former les producteurs maraîchers sur les techniques de conservations et les regrouper en association afin d'augmenter leur production. Ceci pourrait lutter contre le chômage et la délinquance juvénile dans les milieux urbains et périurbains.

Conflits d'intérêt: Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt en relation avec cet article.

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

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

Déclaration pour les participants humains

Cette étude a été approuvée par les maraîchers et les principes de la déclaration d'Helsinki ont été suivis. Le comité de révision a approuvé l'article.

Remerciements

Nous remercions les maraîchers qui ont accepté volontairement de répondre aux différentes questions ainsi que le comité de révision et l'éditeur en chef de la revue ESJ.

References:

1. Anguessin, B., Mapongmetsem, P. M., Ibrahima, A., & Fawa, G. (2021). Effet de la fertilisation organique à base de litières foliaires de *Jatropha curcas* L. et *Jatropha gossypifolia* L. sur la culture de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) à Guider (Nord/Cameroun). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2): 524-535, 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i2.12>
2. Bognini, S. (2006). Les cultures maraîchères dans l'économie des ménages à Réo et à Goundi, Mémoire de maitrise, Géographie, Université de Ouagadougou, 126p.

3. Bognini, S. (2010). Cultures maraîchères et sécurité alimentaire en milieu rural, Université de Ouagadougou, Mémoire Master II recherche, 80p.
4. Bouazza Z., Jalil M., Chafil R. & Zerouali A. (2002). Vulnérabilité et adaptation du secteur irrigué du Maroc face aux impacts des changements climatiques. Revue H.T.E No 124-Septembre/Décembre 2002, pp.91-97.
5. Doudoua, Y., Yengue, J., & Djondang, K. (2020). Le maraîchage : technique de production et difficultés rencontrées par les producteurs de Moundou au Tchad.
6. Gendreau, F. (2008). Les enjeux démographiques. In Devèze, J-C., Debrat, J-M., Défis agricoles africains. Paris, Karthala, pp 31- 32.
7. GIEC. (2001). Bilan 2001 des changements climatiques : Conséquences, adaptation et vulnérabilité, Résumé à l'intention des décideurs, GIEC, Genève, 101 p.
8. Guetat-Bernard H, 2015. « Travail des femmes et rapport de genre dans les agricultures familiales : Analyse des similitudes entre la France et le Cameroun ». Cairn info. Revue du Tiers Monde. 2015/1 n° 221 | pp. 89 à 106.
9. Issa A, 2008. Guide de formation sur les techniques des cultures maraîchères. Etude de développement des oasis sahéniennes en République du Niger.13 p.
10. Margot D. & Elina G. (2021). Adaptation, changement climatique, maraîchage : systèmes innovants en maraîchage, synthèse bibliographique. Agricultures et Territoires. Chambre d'agriculture d'Aude.Za de Sautès à Trèbes 11878 CARCASSONNE Cedex 9. Fax :0468714831, 11 p. www.aude.chambre-agriculture.fr
11. Kanda, M., Akpavi, S., Wala, K. & Boundjou-Djaneye, G. (2014). Diversité des espèces cultivées et contraintes à la production en agriculture maraîchère au Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(1): 1154-127. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i1.11>
12. Naika, S., Van, L. J., Goffau, M., Hilmi, M. & Van, D. B. (2005). La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, 17p.
13. PCD. (2015). Plan communal de Développement de la commune de Maroua 1^{er}, 275 p.
14. PNSA. (2017). Suivi de la sécurité alimentaire ; Résilience, relèvement précoce et sécurité alimentaire. Bulletin No 2 janvier 2017, Cameroun, 4 p.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

La Réalisation d'Un Modèle Numérique du Terrain pour l'Étude de la Dynamique de l'Erosion Hydrique dans une Section Fluviale en Amont du Barrage de Bin El Ouidane (2016-2017)-(Haut Atlas/ Maroc)

Hassan Ouakhir

Laboratoire « Dynamiques des Paysages, Risques et Patrimoine »
Université Sultan Moulay Slimane, Faculté des Lettres et des Sciences
Humaines, Béni Mellal, Maroc

Nadia Ennaji

Laboratoire « Dynamiques des territoires, Histoire et développement
durable. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, faculté poli-
disciplinaire/Taza. Maroc

Mohamed El Ghachi

Mimoune Goumih

Laboratoire « Dynamiques des Paysages, Risques et Patrimoine »
Université Sultan Moulay Slimane, Faculté des Lettres et des Sciences
Humaines, Béni Mellal, Maroc

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n27p357](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p357)

Submitted: 01 September 2022

Accepted: 29 September 2023

Published: 30 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Ouakhir H., Ennaji N., El Ghachi M. & Goumih M.(2023). *La Réalisation d'Un Modèle Numérique du Terrain pour l'Étude de la Dynamique de l'Erosion Hydrique dans une Section Fluviale en Amont du Barrage de Bin El Ouidane (2016-2017)-(Haut Atlas/ Maroc)*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (27), 357.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n27p357>

Résumé

Au Maroc, l'érosion est l'un des phénomènes qui entrave le développement économique et social en général, et agricole en particulier, des zones de montagnes. L'analyse des problèmes de l'érosion hydrique à l'échelle nationale, montre que 12,5 millions d'hectares de terres de culture et de parcours, sont réellement menacées par l'érosion. Sa localisation entre la Méditerranée au Nord, l'océan Atlantique à l'Ouest, le Sahara au Sud et au Sud-Est et sa nature orographique particulière, lui confère une diversité climatique et écologique remarquable. Situé dans le Haut-Atlas Central

Marocain, le bassin versant de l'Oued El Abid, évolue dans un contexte climatique méditerranéen semi- aride, avec une pluviométrie très variable dans le temps et dans l'espace. Les versants exposés aux perturbations océaniques d'ouest sont bien arrosés, tandis que ceux faisant face à l'Est sont plus secs. Les écoulements sont montagnards, avec un caractère torrentiel. L'occupation des sols est représentée essentiellement par la céréaliculture, avec très peu d'arboriculture qui est pratiquée par les populations locales sur les terrasses fluviales de fonds de ce bassin. Les sols sont de plus en plus dégradés, et la mise en place des accumulations sédimentaires issues de l'érosion, conduisent à l'envasement du barrage de Bin El Ouidane. Cet envasement est le résultat de l'érosion des sols, le sapement et l'incision des berges de l'oued El Abid. Durant les périodes de crues, ce barrage s'envase par les courants de densité. La méthodologie adoptée dans cet article concentre sur la réalisation de deux modèles numériques de terrain pour deux campagnes (2016 et 2017), avec une résolution liée à la qualité des mesures, dont la marge d'erreur ne dépasse pas quelques centimètres. Cet article vise à comparer les résultats du processus de l'érosion hydrique de deux modèles réalisés (2016 et 2017), suivre leur évolution, et établir les bilans de la dynamique dans la section étudiée. Cette approche utilisée a permis, la caractérisation de l'état des surfaces, la variation temporelle des facteurs influençant l'érosion fluviale dans l'aval de l'Oued El Abid et de comprendre enfin, les processus de l'érosion hydrique et son influence directe sur la retenue de Bin El Ouidane en aval. Les résultats obtenus permettent l'identification des secteurs à l'échelle du bassin où les interventions sont nécessaires pour limiter les processus de dégradation des sols.

Mots-clés: Amont Barrage Bin El Ouidane - Dynamique fluviale - MNT (2016-2017) - Suivi – Quantification

The Creation of a Digital Elevation Model to Study the Dynamic of the Water Erosion Dynamic within a River Section in the Upper Part of the Bin El Ouidane dam (2016-2017)-(High Atlas/ Morocco)

Hassan Ouakhir

Laboratoire « Dynamiques des Paysages, Risques et Patrimoine »
Université Sultan Moulay Slimane, Faculté des Lettres et des Sciences
Humaines, Béni Mellal, Maroc.

Nadia Ennaji

Laboratoire « Dynamiques des territoires, Histoire et développement durable. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, faculté polydisciplinaire/Taza. Maroc

Mohamed El Ghachi

Mimoune Goumih

Laboratoire « Dynamiques des Paysages, Risques et Patrimoine »
Université Sultan Moulay Slimane, Faculté des Lettres et des Sciences
Humaines, Béni Mellal, Maroc

Abstract

In Morocco, erosion is one of the phenomena that influence economic and social development generally, and agricultural development particularly in mountainous areas. Analyzing the problems of water erosion at national scale, shows that 12.5 million hectares of land uses and pastures, are really threatened by erosion. Its location between the Mediterranean region in the North, the Atlantic Ocean in the West, the Sahara in the South and South-East and its orographic nature, makes it remarkable ecological diversity and climatic characteristics. El Abid basin is mountainous area, situated in the Moroccan High Atlas, and is extending over semi-arid Mediterranean climate, with rainfall that varies greatly in time and space. The slopes exposed to ocean disturbances from the west are well wetting, while those facing to the east are drier. The flow is mountainous, with a torrential character. Land use is mainly represented by cereal cultivation, with very arboriculture which is practiced by local populations on the river terraces in the middle of El Abid basin. The soils are degraded and contributed to sedimentary accumulations resulting from erosion which led to the siltation of Bin El Ouidane dam. This siltation is the result of soil erosion, and the incision of the banks of El Abid river. During flush flood events, this dam is silted up by suspended sediment transport. The adopted methodology focuses on the realization a Digital Elevation Model (DEM)”, for two companions (2016 and 2017), with high

spatial resolution, that is to say with resolutions of a few centimeters to a few meters and with restitution qualities in Z (elevation). The main objective of this article is to analyze the river dynamic results of these the two DEM at 2016 and 2017, comparing the dynamic, following their evolution, and establishing erosion balances at the studied section, when a centimeter precision is required. This used approach allowed to characterize the surface state and the temporal variation of the factors influencing fluvial erosion in El Abid basin. finally understanding, the processes of fluvial dynamics and its impact on Bin El Ouidane dam. The obtained results allow the identification of space at the basin scale where the interventions are necessary to limit the processes of soil degradation.

Keywords: Upper part of Bin El Ouidane Dam - River dynamic – Fluvial erosion - DEM- Monitoring and Quantification

Introduction

Le processus de l'érosion est un phénomène géologique naturel, qui a façonné la ressource en sol au cours des âges géologiques (White 1986). Le changement des paysages, sous l'effet des changements climatiques et sous l'influence de l'extension des cultures d'exploitation et de la pression démographique ont augmenté l'exposition des terres à la genèse de ruissellement et de l'écoulement, et par conséquent, à la perte et la dégradation des sols par l'érosion (Vezena et Bonn 2006). Multiples sortes d'activités anthropiques, pratiques agricoles, exploitations forestières, pâturages, tendent à accélérer les processus d'érosion d'une façon considérable (Wachal 2007). Au Maroc, les sols diffèrent selon leur résistance à l'érosion, en fonction de la texture, de la structure, de la rugosité, de degré d'humidité du sol (Toumi, et al., 2013 ; Yehiaoui 2012). Dans le contexte des changements climatiques, on estime qu'une grande partie des barrages Marocains, ont été envasés durant les 20 dernières années. Selon le rapport publié par le Comité International des Grands Barrages (CIGB), plus de 50.000 grands barrages existant dans le monde avec une capacité très importante de stockage, souffrent des problèmes de l'envasement, et un taux de 0.5 à 1 % de leur capacité de stockage est perdu chaque année à cause du processus de transport des sédiments (El Ghachi et al., 2019).

En conséquence, l'envasement des retenues hydrauliques limite drastiquement leur capacité, et donc leur durée d'exploitation (Lahlou, 1988), et une disponibilité réduite pour l'irrigation des zones agricoles. Ce phénomène naturel enregistre des valeurs élevées notamment au milieu arides et semi arides, comme les régions des Maghreb et plus particulièrement au Maroc. De plus, l'envasement des barrages qui diminue la capacité de stockage et influence la qualité des eaux dans les retenues (Remini 2019).

Par conséquent, l'étude géomorphologique de ce tronçon alluvial, confirme que ceux-ci sont de très bons enregistreurs sédimentaires des fluctuations de la dynamique fluviale à l'Holocène (Bravard 1991), et nous a permis de quantifier le taux de la dynamique fluviale dans le bassin versant de l'oued El Abid.

Présentation du domaine d'étude :

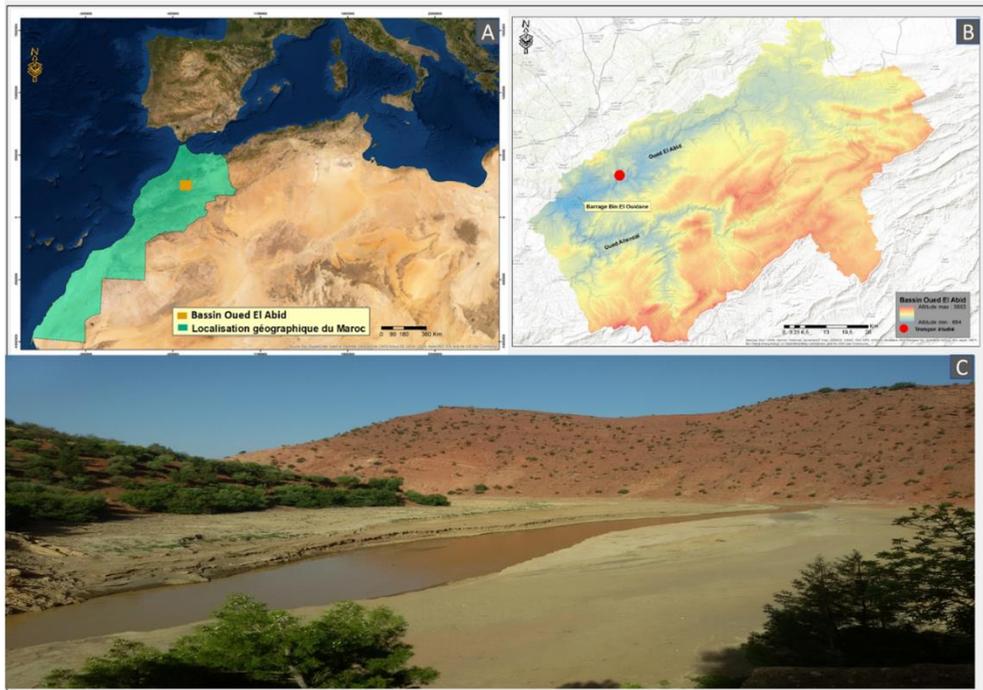
Le bassin de l'Oued El Abid se localise entre les méridiens 6°15' et 6°30'w, et les parallèles 32° et 32°5' N. L'ensemble du bassin versant, occupe une superficie de 7975 km². Le cours d'eau de l'Oued El Abid, prend naissance dans le jbel Masker (3277 m) et s'écoule d'E en W. Il s'étend au cœur du Haut Atlas calcaire, délimité à l'Est et au Sud, par une ligne de hautes crêtes supérieures à 3000 m, le point culminant du bassin tout entier, étant le jbel Azourki (3690 m) (Ouakhir et El Ghachi, 2015). Ce bassin s'étend donc, sur une grande zone montagneuse, avec un potentiel important de ressources en eau qui assure l'alimentation du barrage de Bin El Ouidane et la recharge des nappes de la plaine du Tadla en aval.

D'un point de vue administratif, le domaine d'étude se situe dans la Région Béni- Mellal – Khénifra et s'étend sur plusieurs communes rurales (Ouaouizeth, Bin El Ouidane, Ait Mazigh, Tagleft, Rfala, Bezou, Tissgui ...). Géologiquement, le bassin fait partie du Haut- Atlas Central calcaire, où le relief est marqué par une série d'anticlinaux et de synclinaux, coupés par des vallées étroites (Ouaouizerth) et profondes (Fougerolles 1982; Missenard 2006). Il se développe successivement dans de vastes cuvettes, correspondant aux terrains marneux du Crétacé et franchit des gorges profondes, creusées dans les séries calcaires du Jurassique et du Lias (Saidi 2011, Leveque 1952). En plus, cette zone est établie sur une diversité lithologique, qui joue un rôle important dans la vitesse de la circulation de l'eau (Lebaut 2000; Legates et Willmott 1990).

Les caractéristiques hydrogéologiques du substratum sont liées à l'épaisseur et à la nature lithologique, qui déterminent la capacité de stockage de l'eau (Souhel 2001).

En aval du site étudié, le barrage de Bin El Ouidane est en effet, établi dans la partie aval d'une gorge creusée par l'Oued El Abid, dans un banc de calcaires jurassiques, appartenant au flanc sud du Djebel Tazerkount, premier chaînon de l'Atlas en lisière de la plaine du Tadla (Souhel, 2001, El Ghachi et al., 2019).

Figure.1:A) Place du bassin de l'Oum Er Rbia au Maroc.B)Présentation du bassin de l'Oued El Abid.C) :Tronçon d'étude



Du point de vue climatique, le bassin de l'Oued El Abid est soumis à un climat continental semi-aride, caractérisé par des périodes sèches et humides, ainsi que de brusques variations spatio-temporelles des quantités de précipitations (Ouakhir et El Ghachi, 2015). La température est sensiblement influencée par l'altitude élevée du Haut-Atlas Central (Van Den Dries et al., 2012). Selon l'indice d'Emberger, au niveau des trois stations météorologiques étudiées (Tilouguit, Sggat, Oulad Sidi Driss : période 1980-2017, figure.2), on constate que le bassin de l'Oued El Abid a une progression climatique à caractères semi-aride, avec une tendance vers le sub-humide (Ouakhir et El Ghachi 2015, El Ghachi et al., 2019). Ces caractéristiques pluviométriques sont dues, à l'importance des effets orographiques et la répartition géographique du relief dans le bassin. Une partie-amont ou les altitudes plus élevées dépassent 2500 m, tandis que la partie-aval se caractérise par la diminution du relief ne dépassant pas 600 m (Morat 1969). Cette variabilité spatio-temporelle des apports, joue un rôle essentiel dans la diversité observée dans les régimes hydrologiques. Les écoulements passent progressivement du régime pluvial à nivo-pluvial, puis nival au fur et à mesure que l'altitude augmente. Les relevés hydrologiques à long terme de l'oued El Abid à la station Ouauirnth (1970-2017), montrent des variations annuelles

et saisonnières importantes du débit, avec les périodes d'hiver et de printemps, qui représentant généralement 83% de l'écoulement. Les volumes écoulés annuellement sont, dans ce dernier cas, essentiellement concentrés sur la période estivale qui correspond à la fonte du manteau neigeux (Cherifi et Loudiki 2002). Les écoulements résultant de ce régime torrentiel arrachent les particules du sol, les transportent dans les oueds et les sédimentent derrière les barrages en aval (figure.1 et 2).

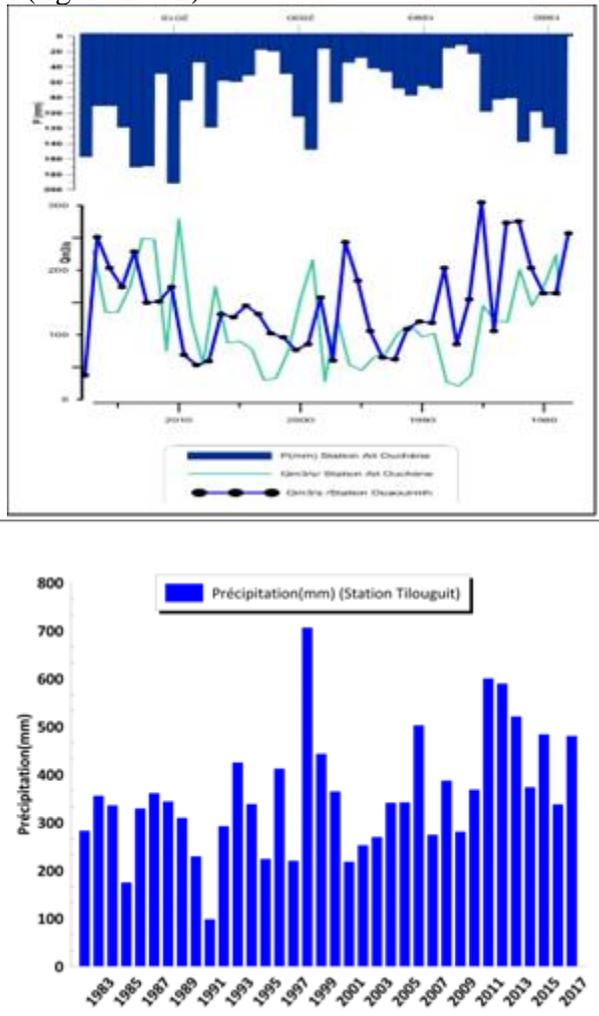


Figure 2. Précipitations et débits annuelles des stations représentatives(Ait Ouchène ,Ouaouirnth et Tilouguit).

1.1 Le barrage de Bin El Ouidane : Enjeux et risques :

Le barrage de Bin El Ouidane, est situé à 24 km au Nord de la ville d'Azilal, entre l'Oued El Abid et l'Assif Ahansal (figure 3). La réalisation de cet ouvrage a été à but multiple ; irrigation, production de l'énergie électrique

et alimentation en eau potable. Sa centrale hydroélectrique produit le quart du courant électrique marocain. Son lac de la retenue, d'une superficie de 3800 hectares, est juché à plus de 800 mètres d'altitude, ce qui en fait le barrage le plus haut d'Afrique (Centre Régional d'investissement, 2015).



Figure 3 : Lac du barrage Bin El Ouidane (2010)

Actuellement, le barrage de Bin El Ouidane dispose des atouts touristiques très diversifiés, dont certains connus, à l'échelle internationale. Cet ouvrage est aussi en train de devenir un pôle d'attraction des projets touristiques, avec des activités tournant autour de l'eau et du périmètre du lac. Sur cette immense étendue d'eau que cernent les versants rouges de la cuvette de Ouaouizeght, plusieurs sports nautiques sont possibles : jet ski, natation, planche à voile, mais aussi, pêche sportive (Blackbass, Sandre, Brochet...) et chasse, sur les hauteurs boisées environnantes. Aujourd'hui, cette retenue d'eau représente un patrimoine biologique, écologique et environnemental très diversifié dans la région.

Il faut reconnaître aussi, que ces barrages ont généré, dans un deuxième temps, de profondes mutations et dégradations environnementales qui sont venues rapidement tempérer, voire annuler les effets positifs recherchés de leurs fonctions initiales. En effet, selon le rapport de 2017 du « ministère chargé de l'Eau et de l'Environnement », les barrages marocains perdent 10% de leur capacité de stockage, soit 1,74 milliard de m³ cumulés jusqu'en 2012 sur les 14 milliards de m³ de la capacité de stockage global. L'envasement des barrages au Maroc retenu annuellement, réduit la capacité de stockage de 75 millions de m³, ce qui représente 0,005% de la mobilisation annuelle de l'eau, avec un déficit total de 1 milliard de dollars par an. Sur une superficie totale de 710 850 km² au Maroc, on estime qu'environ 150 000 km² sont affectés par une grave érosion hydrique et éolienne (Sabri et al., 2017; Namr et Mrabet, 2004). Situé en aval du tronçon étudié, le barrage de Bin El Ouidane se trouve donc, dans une situation critique à cause de l'envasement. Cet ouvrage a perdu environ de 39% de sa capacité de stockage (Carlo 2007; Dinia et al., 1998). Selon des spécialistes du Ministère de l'Eau, le barrage de Bin El Ouidane a perdu de ses capacités de stockage par millions de m³ depuis sa création. L'envasement des barrages constitue donc, les conséquences les plus directes et immédiates sur ces ouvrages hydrauliques dans l'espace et dans le temps.

Méthodes, Objectifs et Matériels :

Méthodes :

L'intérêt grandissant des études de l'érosion à l'échelle plurikilométrique et la détermination des problématiques environnementales associées à l'érosion hydrique, ont stimulé l'utilisation des méthodes topographiques très pointues pour la réalisation des Modèles Numériques de Terrain (MNT), à très haute résolution spatiale pour la représentation en 3D des ravines d'érosion en amont du barrage de Bin El Ouidane. Sur la base de la connaissance des états de surface et de leur comportement vis à vis des modalités des écoulements dans le réseau hydrographique de l'Oued El Abid.

Les modèles numériques de terrain (MNT), figurent parmi les outils les plus répandus pour décrire un territoire. Quoiqu'ils soient très pertinents pour étudier l'érosion, ils doivent être utilisés avec précaution. Le modèle numérique de terrain (MNT), est un ensemble de données d'altitudes sous forme numérique. Ces altitudes sont connues en un certain nombre de points d'une grille régulière. La qualité d'un MNT, dépend directement de l'intervalle du maillage et de la source des données, à partir desquelles il est généré.

Le calcul du modèle numérique de terrain (MNT) du bassin versant de l'oued El Abid, a été effectué en une série d'étapes. – Première étape : on a, tout d'abord, procédé à des levés topographiques pour la représentation de la surface étudiée, ses points caractéristiques, tels que les sommets, les ruptures

de pentes et autres.... - La deuxième forme est une représentation "vecteur", constituée par un ensemble de polygones qui constituent une planche de courbes de niveau. - La troisième forme, constitue 'une représentation "raster", formée d'un champ, ' d'altitudes connues aux nœuds d'une grille régulière à mailles carrées. - La quatrième étape, repose sur la superposition des données des deux MNT (2016 et 2017), avec l'usage du système d'information géographique (SIG), pour des opérations d'analyse et de modélisation des processus d'érosion. La quantité d'érosion et de sédimentation qui entrent dans les polygones inférieurs environnants, est proportionnelle à la longueur de la frontière commune entre le polygone en amont et celui en aval (Eastman, 2006). La résolution de MNT liée à la qualité des mesures sur terrain.

Le choix de cette méthode va nous permettre de réaliser un modèle numérique de terrain, qui couvre 180 m en aval du bassin versant de l'Oued El Abid, et environ 3 km du lac de Bin El Ouidane pour deux périodes différentes (2016 et 2017). Ces «MNT» sont réalisées à l'aide des logiciels Surfer et Arcgis10.5. Les différents points d'altitude sont projetés sur Google Earth pro, pour déterminer la variation topographique entre les deux missions et faciliter la comparaison de l'évolution de la dynamique fluviale des périodes de suivis.

Objectifs :

Le principal objectif de ce présent essai, vise l'élaboration et l'exploitation d'un « modèle numérique de terrain », pour deux missions (2016 et 2017) d'un tronçon à l'amont du barrage de Bin El Ouidane, pour la compréhension du fonctionnement hydrodynamique du cours d'eau, afin d'apporter des réponses aux gestionnaires, en matière d'extrêmes hydrologiques, et des problématiques morphodynamiques, (érosions, atterrissements, incision des lits, etc.).

Finalement, cette étude va répondre à la question : de quelles mesures des cours d'eau à fortes dynamiques et de forts gabarits, répondent à ces règles de fonctionnement, identifiées généralement sur de grands organismes fluviaux pérennes ? La mise en évidence de la dynamique des lits fluviaux, de ce tronçon amont Barrage Bin El Ouidane, est faite par la réalisation d'un « Modèle Numérique de terrain », durant les années 2016 et 2017.

2.3 Matériels et choix des sites :

Le « modèle numérique de terrain » (MNT) dans le bassin de l'Oued El Abid, a été réalisé par la station topographique (SOKKIA). Cet outil a permis de prendre des levés topographiques fins dans le tronçon étudié. On a procédé à la matérialisation de l'emplacement des sections à lever par des marques au sol, tout au long des deux berges du lit mineur. Puisque le lit mineur peut changer de trace en plan selon les périodes de l'année, on a essayé de garder toujours la perpendicularité de ces sections par rapport à l'axe de la

vallée. Par des jalons implantés aux extrémités de la section, et sur les limites du lit majeur, on a repéré les sections au moment du levé des points. Enfin, chaque section portera un numéro et sera réimplanté au terrain par des coordonnées cartésiennes (X, Y et Z) lors des levés ultérieurs. Le sens de numérotation des sections est croissant de l'aval vers l'amont, et le sens de représentation de chaque section est pris de la rive gauche vers la rive droite. Ainsi, nous avons pris des profils transversaux sur le cours d'eau, dans l'objectif de réaliser deux « modèles numériques de terrains », pour suivre l'évolution de la dynamique fluviale actuelle dans le tronçon d'étude entre 2016-2017.

Pour les campagnes, nous avons choisi de réaliser deux campagnes, qui seront réalisées au début de l'été de chaque année : 2016 et 2017.

- La première campagne de levés a été exécutée les 27 et 28 juillet 2016, en ratisant le site en totalité par 17 sections composées d'un semi de 384 points, connus en X, Y et Z et couvrant une superficie de 5km pour une longueur de 427 mètres et dont la largeur varie entre 37 mètres et 258 mètres.

- La deuxième campagne de levés a été exécutée les 12 et 13 mai 2017, en balayant la même zone par 17 sections composées d'un semi de 431 points connus en X, Y et Z.

III - Résultats et explications :

3.1 Résultats et analyses :

En termes de résultats, l'interprétation des MNT réalisés pour les deux missions (2016 et 2017), a permis d'extraire des résultats importants sur la dynamique fluviale dans le bassin versant de l'Oued El Abid. Durant les deux années étudiées, le tronçon d'étude a connu des phases majeures de forte activité caractérisées par un fort transport des matériaux Caillouto-Sableux et une forte érosion latérale, et par l'exhaussement de plusieurs mètres de l'espace de divagation du cours d'eau de l'oued El Abid.

3.2 Réalisation et analyse du « Modèle Numérique de terrain (MNT) » de 2016 :

Lors de la réalisation de l'état des levés topographiques, 384 points connus en X, Y et Z ont été localisés et choisis sur l'ensemble du site, avec une altitude moyenne de 813 mètres, avec une topographie relativement plate et une profondeur de 2.30m, la largeur moyenne du chenal est de 20 m, et la longueur est de 250m mètres.

L'utilisation des méthodes d'interpolation pour créer un « MNT », a fait l'objet de beaucoup de recherches, car cette condition a longtemps été une nécessité pour la génération de MNT à partir de données peu denses.

Ce principe peut être appliqué dans la création d'un MNT, lorsqu'il s'agit de déterminer l'information altimétrique manquante. Dans ce cas, la

variable d'intérêt est l'altitude, et le MNT est généré en estimant l'altitude des points localisés sur une grille régulière à partir d'un ensemble de points, dont les coordonnées sont connues.

Les résultats obtenus grâce à l'adaptation de ces méthodes, pour la réalisation du « MNT » de 2016, ont révélé une dynamique fluviale actuelle du tronçon étudié, et présente certaines caractéristiques remarquables des variables de réponse (Largeur, profondeur, section mouillée) (figure5).

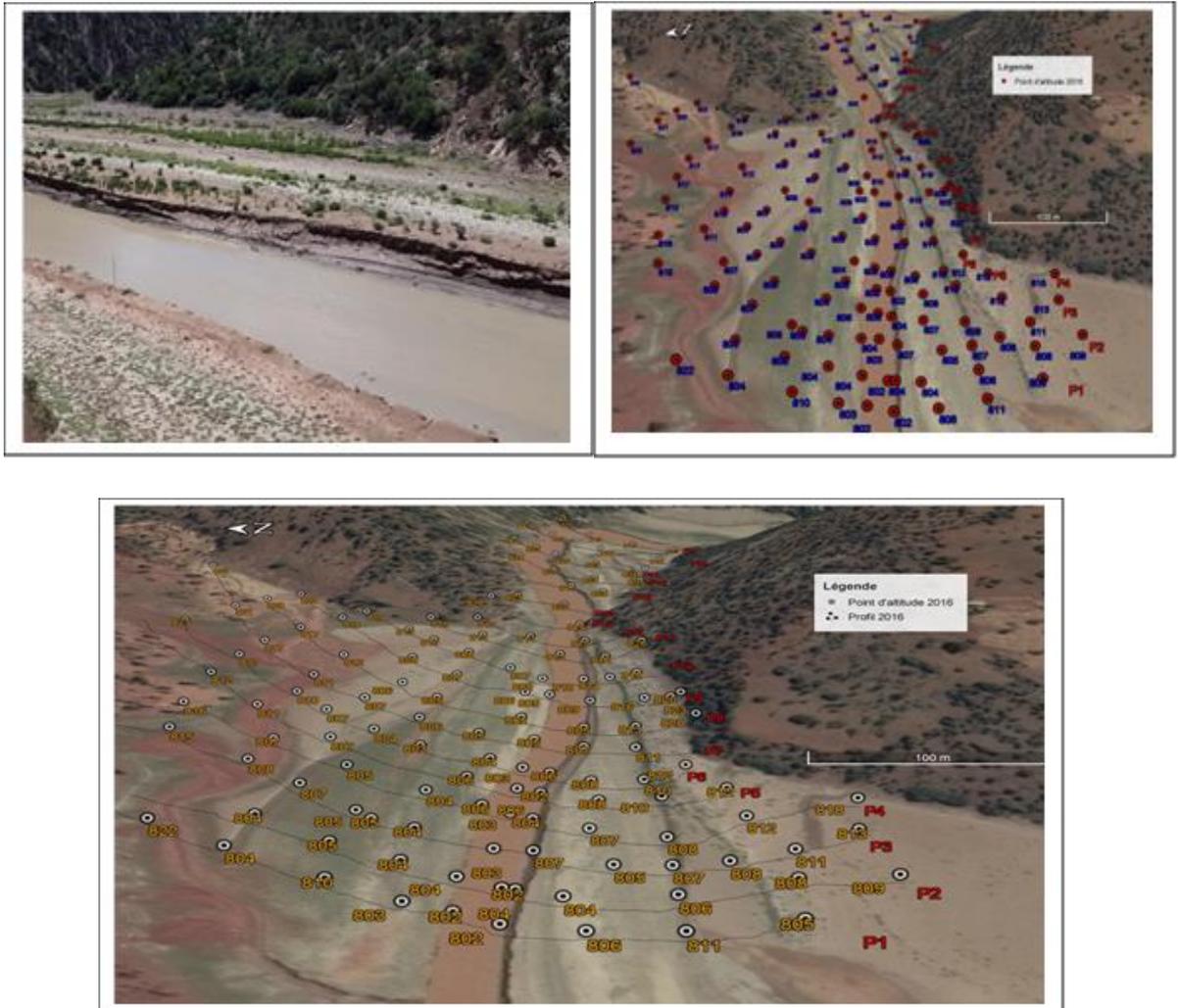


Figure 5. Choix des points des MNT du tronçon et matérialisation des sections par des jalons de l'oued El Abid 2016

Ces résultats sont donc représentatifs des caractéristiques du lit de la rivière, mises en évidence ultérieurement dans l'analyse des composantes physiques et hydrographiques du site. L'ensemble de ces résultats peut ainsi,

servir pour le calcul des paramètres hydrauliques, afin d'établir le lien avec les morphologies fluviales.

3.3 Réalisation et analyse du « Modèle Numérique de terrain (MNT) » de 2017 :

Après une campagne de levés topographiques, et en s'appuyant sur la même approche, nous avons exécuté ce M.N.T, les 12 et 13 mai 2017, en balayant la même zone par 17 profils en travers, composées de 431 points connus en X, Y et Z. Dès lors, il est essentiel de générer un MNT exact pour cette nouvelle campagne de mesures.

Les résultats obtenus d'après ce modèle numérique de terrain de 2017, montrent que le tronçon étudié a un fond mobile et dynamique. Les espaces riverains indiquent une évolution des berges, à travers les enrochements par l'érosion latérale. Dans ce sens, et dans certaines parties, le tronçon enregistre des zones de dépôts des matériaux grossiers.

En effet, cet espace peut être considérée comme une zone très sensible aux fluctuations de charge et de débit sur une courte durée. Les résultats déjà produits, devraient contribuer dès maintenant à mieux comprendre la configuration des lits, pour mieux choisir et mettre en œuvre les actions de gestion, de protection ou encore de restauration des hydrosystèmes (figure 6).



Figure.6: Présentation du MNT du tronçon étudié de la campagne de levé de juillet 2017.

3.4 Les « MNT » de 2016 et 2017 : Comparaison et explications :

La modélisation basée sur un élément surfacique rectangulaire, consiste à représenter les deux modèles numériques de terrains (MNT) réalisés en 2016 et 2017, par un ensemble de mailles rectangulaires. Pour des raisons de simplicité, la maille carrée est utilisée en pratique. L'altitude du centre de chaque maille, peut être calculée directement par interpolation, à partir des points mesurés, ou indirectement à partir de triangles obtenus par triangulation (Serra et al., 2008). L'objectif de cette comparaison, est de mettre en évidence les modifications du lit, intervenues dans une échelle temporelle entre 2016 et 2017. Ils permettent d'évaluer certaines caractéristiques géométriques, pentes et sections mouillées et de déterminer ainsi, un calibre du lit du tronçon étudié de l'Oued El Abid. La superposition des deux MNT sur ArcGIS à l'aide de l'outil « Fuzzy Overlay » a permis d'obtenir des résultats importants sur la dynamique fluviale et l'érosion des berges. Les bilans d'érosion, évalués à travers la comparaison entre les deux MNT de 2016 et celui de 2017, deviennent significatifs dans le tronçon étudié et servent à extraire des conclusions intéressantes :

La dynamique de l'érosion dans les deux MNT étudiées, est présentée dans les figures 7 et 8.

Le modèle numérique de terrain (MNT) de 2016, montre des contrastes similaires à ceux mis en évidence à partir du MNT de 2017.

Le MNT de l'année 2017 montre une évolution de la largeur, qui ne peut alors être expliquée que par la sédimentation dans le lit et la végétalisation des berges qui piègent les sédiments. Plus en détail, cette évolution est également inscrite dans la forme des sections mouillées.

A partir de la superposition des deux MNT de 2016 et 2017, on note que le tronçon a été modifié favorablement, ce qui justifie un temps de réponse très court du cours d'eau de l'Oued El Abid face à la dynamique de l'érosion fluviale.

La comparaison entre les deux MNT (2016 et 2017), indique comment les formes du lit mineur se sont modifiées en une année.

À l'exception de certaines zones en amont, les caractéristiques géométriques du tronçon en aval de l'Oued El Abid se sont peu modifiées. Les différences les plus grandes dans la forme des sections mouillées, sont bien plus liées à des actions anthropiques, qui se manifestent dans la remontée des eaux du barrage de Bin El Ouidane, qu'à l'ajustement du cours d'eau.

Le tronçon étudié est soumis aux phénomènes d'incision, transport et dépôt. Cette évolution du lit est comparable et synchrone avec celle des cours d'eau méditerranéens (Arnaud 1999).

En termes de dépôts et dans quelques zones du tronçon, on constate une réduction de la charge de fond, qui est, moins due à l'effet des réservoirs amont de l'Oued El Abid, ainsi qu'à l'impact des digues et des ouvrages de

franchissement de cette rivière, dont l'effet a été de bloquer la recharge par érosion latérale.

Plus en détail, la comparaison de la section mouillée des deux campagnes 2016 et 2017, montre que celle de l'année 2017 est plus importante que celle de l'année 2016.

La dynamique verticale et le creusement de l'Oued El Abid, sont largement coïncidents avec la naissance des crues inondables.

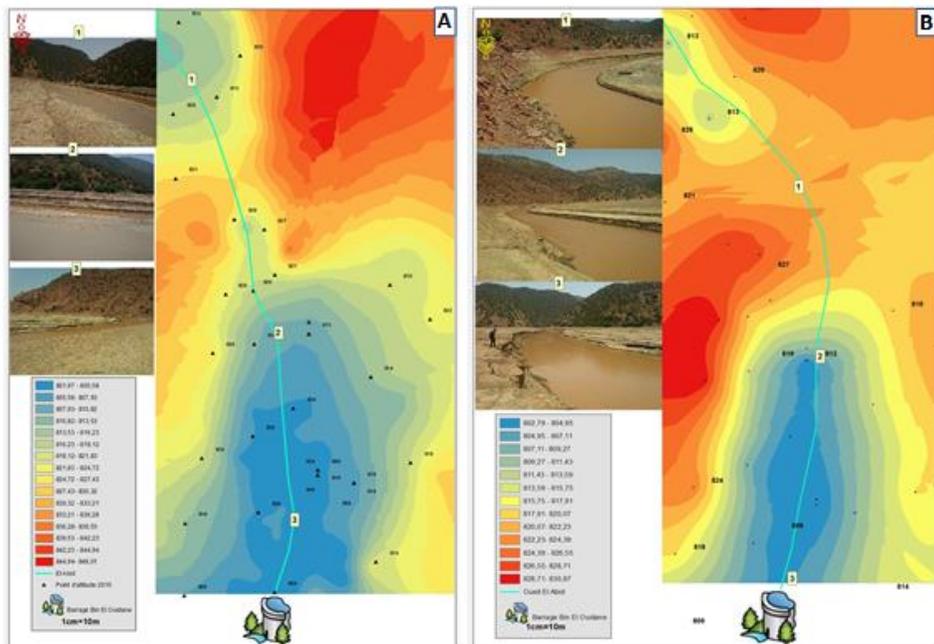


Figure 7: les MNT de deux levés topographiques (A) 2016 et (B) de 2017

A partir de la comparaison entre les deux MNT 2016 et 2017, il est clair que ce tronçon appartient à des rivières mobiles, qui sont celles des zones dites d'érosion et de transit (Puech et al 2009 ; Schumm 1977), où des pics de crue importants confèrent une puissance suffisante pour mettre en mouvement les matériaux de différentes tailles et réaliser un ajustement de la géométrie aux variations des flux liquides et solides. En effet, les paramètres climatiques et hydrodynamiques apparaissent déterminants dans la dynamique fluviale du tronçon étudié (figure 7).

VI- Discussion et interprétation :

Le tronçon étudié montre une évolution dynamique multiple. Cette variation se représente essentiellement par les variables de contrôle. Il faut noter que les grandes crues à l'échelle annuelle sont conduites à une modification de ces variables. En effet et à partir de la combinaison des

paramètres de contrôle par rapport aux débits de l'Oued El Abid on résulte un pouvoir d'érosion et de transport qui accélèrent la dynamique et l'évolution de ces variables. On peut distinguer cette évolution à travers la discussion et l'interprétation de différentes variables selon leurs dynamiques entre 2016 et 2017.

Sur la base de la comparaison des deux modèles numériques de Terrains (MNT) 2016 et 2017, les sections mouillées du tronçon de l'Oued El Abid sont caractérisées par de grandes surfaces généralement supérieures à 2 m. De l'amont vers l'aval; on note une forte variabilité de ces sections mouillées. Les variations les plus faibles se trouvent vers l'amont du tronçon, tandis que les plus fortes sections mouillées se situent à l'aval du tronçon étudié (figure8). Vers l'aval, on note parfois d'importants contrastes sur de courtes distances et les sections les plus grandes dépassent les 5m. On peut également s'interroger, à propos de ces résultats, influencés par la qualité des mesures (plus grande précision des mesures de l'amont), sur les conditions naturelles et les ajustements du lit fluvial à la remontée des eaux du barrage de Bin El Ouidane.

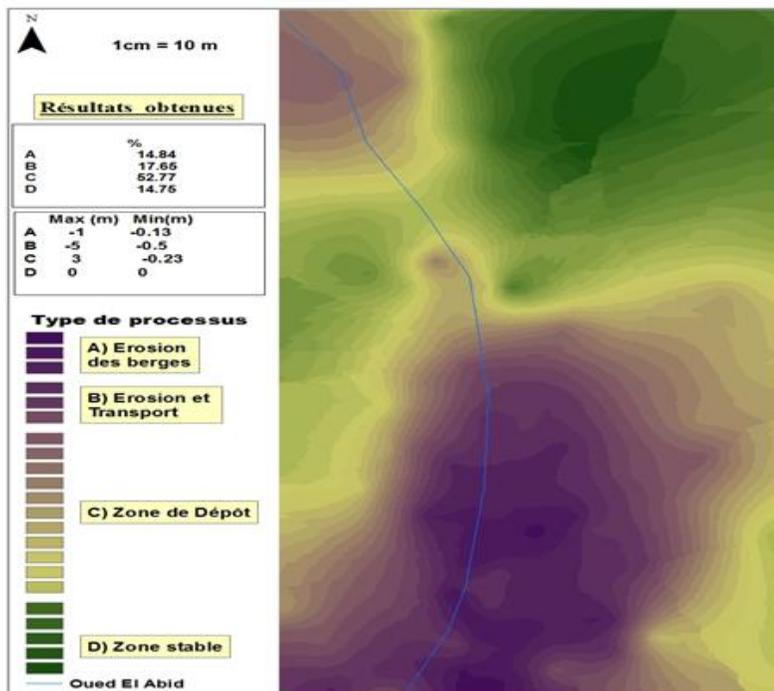


Figure 8. Superposition des MNT et extraction des résultats sur la dynamique sédimentaire 2016 et 2017

Ainsi la variation de la dimension des sections mouillées, constitue-t-elle une donnée peu discriminante des caractéristiques de la dynamique de l'érosion fluviale. Cela confirme la grande influence du remplissage du barrage de Bin El Ouidane. Généralement, les capacités du lit à pleins bords, agissent sur les débordements en lit majeur, en lien avec la hauteur des berges bien marquées, abruptes et continues avant débordement. Cependant, là où les berges sont les plus basses et les sections mouillées les plus grandes, se produisent les débordements les plus fréquents et le remblaiement des fonds des chenaux par le matériel de fin de crues, disposé sous forme de bancs latéraux

On observe une dynamique très forte de déposition qui dépasse 50% (figure 9.B et 8), qui peut être décomposée en deux parties, et dont la moyenne de dépôt varie entre 0.05 cm et 5 m. L'instabilité du paysage fluvial est en partie due à la succession et à l'importance des crues et des crues inondables et aussi des effets du barrage de Bin El Ouidane. Le remplissage du barrage pousse les eaux liquides retenues vers cette zone inondable et contribue rapidement au colmatage par le dépôt de sédiments. D'ailleurs, dans le tronçon étudié, considéré comme une zone inondable, la réduction de la pente superficielle de l'eau et de la vitesse, entraînent l'abandon des fractions les plus dimensionnées de la charge de fond. En effet, les dépôts se font en masse par chute des particules, précédemment maintenues en suspension.

En revanche, l'érosion des berges et le transport sont des processus qui étaient clairement présents dans le tronçon étudié (érosion 15% et 17% transport). Cela rend cette zone, comme un espace à forte dynamique. La différence entre les profondeurs des MNT de l'année 2016 et celui de 2017, indique une variabilité importante des processus dynamiques.

Globalement, de l'amont vers l'aval, on constate une variation de la dynamique, variant entre -0.01cm de l'érosion et 5 m de dépôts dans quelques zones. Cela montre une plus grande fragilité en termes de résistance, face à l'écoulement de l'Oued El Abid. La perte de la charge, tend également vers une constante pour une taille plus fine, ce qui montre que le tronçon étudié est une zone de dépôt, et en même temps, une zone de transfert des sédiments et des matériaux vers le barrage de Bin El Ouidane en aval (figure 9A et B).

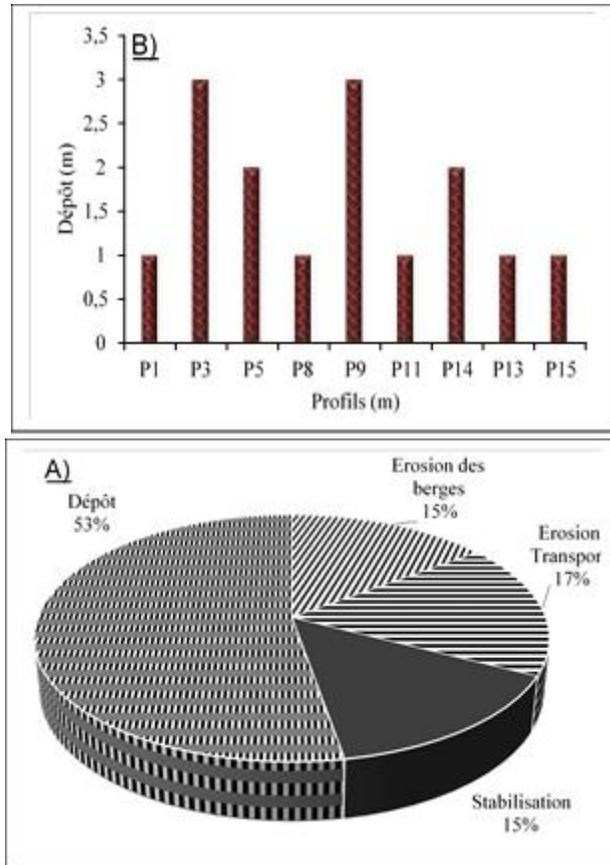


Figure 9 : A) Pourcentage des processus dominants et B) le taux de dépôt dans certains profils 2016/2017.

Par conséquent, l'analyse des résultats de l'évolution des processus dynamiques dans le tronçon étudié, pour les deux MNT de 2016 et de 2017, montre que, dans plusieurs profils on peut constater tous ces processus (profils 1,6 ; 7 ; 8,9,10,12,13,16). Plus en détail, les différences sont constatées sur les deux rives de l'oued et vers le lit majeur, l'érosion latérale des berges est une dynamique actuelle et active dans la profondeur, et parfois dans les deux rives. Vers les lits de l'oued, on constate des zones de dépôts, d'érosion et de transport.

Finalement, les deux MNT 2016/2017 montrent que le lit de l'Oued El Abid a une forme irrégulière, en adéquation d'abord avec le tracé de la rivière. Il comprend des bancs d'alluvions fines, souvent végétalisés ou surmontés par une mince tranche d'eau. L'érosion fluviale est variée, selon la vitesse d'écoulement.

Sur la base des théories de la dynamique fluviale, et à travers le tronçon étudié, on peut qualifier le secteur étudié, comme une zone d'érosion, de

transit et de dépôt, pour décrire le fonctionnement hydrodynamique de l'oued El Abid.

En se basant sur la trinité de Leeder (1983), on peut distinguer que les écoulements de ce cours d'eau sont de type torrentiel, alimentés par les systèmes fluviaux montagnards en amont où les régimes hydrologiques et hydrauliques sont très dynamiques (Alukha & Regmi 2013 ; Garcia & Lorenzo 2009). Les volumes des sédiments transportés sont très abondants, avec une domination de la charge du fond, notamment en amont du cours d'eau, et de type en suspension avec une très grande concentration qui atteint des niveaux extrêmement élevés (jusqu'à 250 g/l- 1)(Cherifi & Loudiki, 1999), particulièrement dans le tronçon étudié (figure 10,11).



Figure 10. A) Morphologie de l'oued El Abid en Amont et B) en aval (Tronçon étudié) avec très haute concentration de la matière en suspension.

En se basant sur la théorie de Lane (1955) et de Kondolf (1994), on note que l'Oued El Abid est influencé par les débits solides et liquides (Gregory & Walling 1973), qui entraînent des ajustements de la morphologie, donc, le tronçon étudié peut être considéré comme une zone de dépôt, et en même temps d'érosion, contrôlées par des variables hydrauliques très importantes.

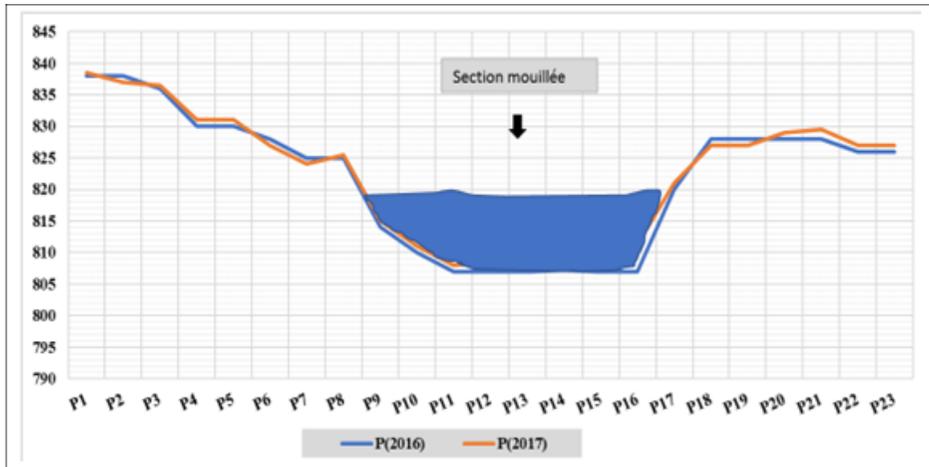


Figure 11. Superposition des altitudes moyennes entre les deux levés topographiques 2016 et 2017

Conclusion

A l'instar des résultats obtenus dans cet article, on retient que la conjugaison des facteurs naturels et anthropiques, favorise les processus d'érosion hydrique dans le tronçon étudié et conduit également, à l'envasement du barrage de Bin El Ouidane. Les deux MNT étudiés montrent l'existence d'une forte dynamique.

La localisation du tronçon étudié dans la portion médiane du bassin de l'Oued El Abid et le pseudo équilibre entre le processus d'érosion sur la rive gauche et le processus de dépôt sur la rive droite, prouve que la zone d'étude est une zone d'érosion, de dépôt et de transit.

En effet, les phénomènes d'érosion et de dépôts, participent aux réajustements morphologiques de la rivière de l'Oued El Abid. Par conséquent, les sections fluviales sont des zones ajustables, de manière à améliorer les écoulements et le transport de sédiments en suspension.

En marge de cet article, la question de la lutte antiérosive, ne peut être pas se focaliser seulement sur l'espace étroit du tronçon étudié, mais à l'ensemble du bassin versant, en tenant en compte des méthodes et des techniques culturales, de l'aptitude des sols, de la fertilisation, du type d'aménagement antiérosif adapté au contexte de la zone, de la durabilité des écosystèmes et aussi, des aspects socioéconomiques. Ce nécessaire doit être se doubler en termes de la vision prospective des systèmes fluviaux, qui connue par une dynamique suffisante de l'évolution historique et actuelle des morphologies fluviales.

Remerciements

L'auteur tient à remercier vivement l'agence de bassin hydraulique de l'Oum Err Bia (ABHOER) pour fournir les données pluviométriques et hydrométriques. Mes remerciements vont aussi à la population locale de la zone de Ouaouizerth pour leur aide et leur hospitalité durant le travail de terrain.

Conflits d'intérêts : Les auteurs de cet article annoncent qu'aucun conflit d'intérêt concernant la publication de ce manuscrit.

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. Alukha, J & Regmi. A (2013) : Suivi hydrogéomorphologique d'un cours d'eau étouffé par un aménagement d'urgence : cas du cours d'eau Bonhomme- Morency au bas-ST-Laurent, Québec.1-34.
2. Arnaud,F.G. (1999) : Dynamiques fluviales holocènes dans le delta du Rhône. L'information Géographique, 63(1), 37–38.
3. Bravard.J. P, (1991): La dynamique fluviale a l'épreuve des changements environnementaux. Quels enseignements applicables a l'aménagement des rivières? Houille Blanche, 46(7–8), 515–521. <https://doi.org/10.1051/lhb/1991047>.
4. Carlo. L, (2007):Management of reservoirs, Pages 117-123 | Published online: 02 May 2007.
5. Cherifi .O, (2001) : Apports du bassin versant et processus trophodynamiques du lac de Barrage de Bin El Ouidane (Maroc)291p.
6. Cherifi.O, Loudiki, (2002) : Impact of El Abid River Basin Loads on Water Quality of the Bin El.
7. Cherifi.O, Loudiki, M. (1999): Flood transport of dissolved and suspended matter in the El Abid river basin (Morocco). Hydrobiologia, 410, 287–294. <https://doi.org/10.1023/A:1003898301704>.
8. Dinia.N, Chaoui. A, Bischof. R, (1998): Vidange du fond et évacuateur de crue du barrage a contreforts d'al massira sur l'Oum Er Rbia, Maroc.pp3-16.
9. Eastman J.R, (2006) : Idrisi Andes Manuel: Guide to SIG and Image Processing. Worcester, USA, Clark University, Idrisi Production, 250 p.

10. El ghachi.M, Ouakhir.H, Lamti.H, (2019) : Dynamique fluviale dans l'oued El Abid : Suivi et quantification d'un tronçon fluvial à l'amont du barrage de Bin El Ouidane - 2016 / 2017- (Haut Atlas Central / Maroc), 45–63.Publié en <http://revues.imist.ma/?journal=remageom>.
11. Gregor.K.J, Walling, D.E, (1973): Drainage basin form and process: a geomorphological approach.book.Published by Edward Anold,London.
12. Lahlou A., (1988) : Etude actualisée de l'envasement des barrages au Maroc. Rev. Sci. Eau, 6(3), 337-356.
13. Leveque.P, (1952): Geologie Appliquee aux Grands Travaux du Maroc (Zone francaise). Fascicule I. Les aménagements de l'Oued el Abid. Published by XIX Congrès Geologique International Monographies Regionales, 3 Serie, Maroc No. 5, 1952, 165 pages. (1952).
14. Monographie régionale 2014.
15. Morat.P, (1969) : Note sur l'application a Madagascar du quotient pluviothermique d'Emberger pp 16-23.
16. Namr K. I, Mrabet.R, (2004):Influence of agricultural management on chemical quality of a clay soil of semi-arid Morocco. Journal of African Earth Sciences 39:485-489. doi: DOI 10.1016/j.jafrearsci.2004.07.016.
17. Ouakhir.H, El Ghachi.M, (2015) : L'impact des lâchés du barrage de Bin el Ouidane sur l'aval du bassin Oued El Abid : Inondations anthropiques et cartographie (bassin Oum Err Bia – Maroc).PFE 2015.FLSHBM. 262P.
18. Puech, C., Thommeret. N, Kaiser.B, Bailly J.S, Jacome.A, Rey.F, & Mathys.N, (2009): MNT à très haute résolution dans les modelés fortement disséqués : des données aux tests Relief. Processus, Environnement, 15(2), 141–152. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.7589>.
19. Recensement-general-de-la-population-et-de-l-habitat-2004-2014.
20. Remini B.,Hallouche W, (2005) :Prévision de l'envasement dans les barrages du Maghreb. Larhyss J., 4, 69-80.
21. Remini.B, (2019) : Envasement des barrages dans les regions arides exemples. January 2016.
22. Saaidi.E, (2011) :La géologie du Maroc, pp1 -45.
23. Sabri.E. M, Boukdir. A, Meslouhi.R, El Mahboul.A, El Romaric.V, & Mbaki. E, (2017): Predicting Soil Erosion and Sediment Yield in Oued El Abid Watershed , Morocco. Athens Journal of Sciences, 4(3), 225–242. <https://doi.org/10.1177/0047287514541005>.
24. Schumm.S.A, (1977): The fluvial system. New York, 338 p.

25. Serraa.P, Ponsab.X, Sauría.D, (2008): Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: A spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors. *Land Use Policy*, Volume 57, 2016, pp. 204-214.
26. Souhel.A, El Bchari.F, (2011): Haut Atlas Central, Partie Nord-Ouest, North-western Central High Atlas, éditions du service géologique du Maroc-rabat.p306.
27. Toumi, S., Meddi. M, Mahé. G, & Brou.Y.T, (2013): Cartographie de l'érosion dans le bassin versant de l'Oued Mina en Algérie par télédétection et SIG. *Hydrological Sciences Journal*, 58(7), 1542–1558. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.824088>.
28. Van Den Driessche, J., & Teixell, A. (2012). Longitudinal to transverse drainage network evolution in the High Atlas (Morocco): The role of tectonics. *Tectonics*, 31(4), 1–15. <https://doi.org/10.1029/2011TC003015>.
29. Vezena.K, et Bonn.F, (2006): Modélisation et analyse de la dynamique spatio-temporelle des relations société–érosion et pollution diffuse en milieu agricole—étude de cas en Vietnam et au Québec. *Interaction Nature–Société, analyse et modèles*. UMR6554 LETG, LaBaule.
30. Wachal.D.J, Banks.K.E, (2007): Integrating GIS and erosion modeling—a tool for watershed management, ESRI international user conference, Paper no. UC1038. http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc07/papers/papers/pap_1038.pdf [accédé le 8 juillet 2013].
31. White.W.R., (1986). Problèmes d'érosion, transport solide et sédimentation dans les bassins versants, Projet 5.3 du programme hydrologique international. Paris:UNESCO, Etudes et rapports d'hydrologie no. 35.http://hydrologie.org/BIB/Publ_UNESCO/SR_035_F_1986.pdf [accédé le 8 juillet 2013].
32. Yahiaoui.A, (2012) :Inondations torrentielles. Cartographie des zones vulnérables en Algérie du Nord (cas de l'oued Mekerra, Wilaya de Sidi Bel Abbès). Thèse de doctorat : École Nationale Polytechnique El Harrach, Alger (Algérie).