

European Scientific Journal, *ESJ*

September 2022

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

September 2022 edition vol. 18, No. 30

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

Asif Jamil,
Gomal University DIKhan, KPK, Pakistan

Faranak Seyyedi,
Azad University of Arak, Iran

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

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

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

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

Hans W. Giessen,
Saarland University, 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

Anita Lidaka,
Liepaja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

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

Lydia Ferrara,
University of Naples, Italy

Byron A Brown,
Botswana Accountancy College, Botswana

Grazia Angeloni,
University “G. d’Annunzio” in Chieti, Italy

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

Cinaria Tarik Albadri,
Trinity College Dublin University, Ireland

Mahammad A. Nurmamedov,
State Pedagogical University, Azerbaijan

Henryk J. Barton,
Jagiellonian University, Poland

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

Billy Adamsen,
University of Southern Denmark, Denmark

Marinella Lorinzi,
University of Cagliari, Italy

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

N. K. Rathee,
Delaware State University, USA

Michael Ba Banutu-Gomez,
Rowan University, USA

Adil Jamil,
Amman University, Jordan

Habib Kazzi,
Lebanese University, Lebanon

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Henry J. Grubb,
University of Dubuque, USA

Daniela Brevenikova,
University of Economics, Slovakia

Genute Gedviliene,
Vytautas Magnus University, Lithuania

Vasilika Kume,
University of Tirana, Albania

Mohammed Kerbouche,
University of Mascara, Algeria

Adriana Gherbon,
University of Medicine and Pharmacy Timisoara, Romania

Pablo Alejandro Olavegogeochea,
National University of Comahue, Argentina

Raul Rocha Romero,
Autonomous National University of Mexico, Mexico

Driss Bouyahya,
University Moulay Ismail, Morocco

William P. Fox,
Naval Postgraduate School, USA

Rania Mohamed Hassan,
University of Montreal, Canada

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

Tilahun Achaw Messaria,
Addis Ababa University, Ethiopia

George Chiladze,
University of Georgia, Georgia

Elisa Rancati,
University of Milano-Bicocca, Italy

Alessandro Merendino,
University of Ferrara, Italy

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

Anastassios Gentzoglani,
University of Sherbrooke, Canada

Awoniyi Samuel Adebayo,
Solusi University, Zimbabwe

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

Berenyi Laszlo,
University of Miskolc, Hungary

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

Omar Arturo Dominguez Ramirez,
Hidalgo State University, Mexico

Bupinder Zutshi,
Jawaharlal Nehru University, India

Pavel Krpalek,
University of Economics in Prague, Czech Republic

Mondira Dutta,
Jawaharlal Nehru University, India

Evelio Velis,
Barry University, USA

Mahbubul Haque,
Daffodil International University, Bangladesh

Diego Enrique Baez Zarabanda,
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

Juan Antonio Lopez Nunez,
University of Granada, Spain

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

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

Oscar Garcia Gaitero,
University of La Rioja, Spain

Alfonso Conde,
University of Granada, Spain

Jose Antonio Pineda-Alfonso,
University of Sevilla, Spain

Jingshun Zhang,
Florida Gulf Coast University, USA

Rodrigue V. Cao Diogo,
University of Parakou, Benin

Olena Ivanova,
Kharkiv National University, Ukraine

Marco Mele,
Unint University, Italy

Okyay Ucan,
Omer Halisdemir University, Turkey

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

Matti Raudjarv,
University of Tartu, Estonia

Cosimo Magazzino,
Roma Tre University, Italy

Susana Sousa Machado,
Polytechnic Institute of Porto, Portugal

Jelena Zascerinska,
University of Latvia, Latvia

Umman Tugba Simsek Gursoy,
Istanbul University, Turkey

Zoltan Veres,
University of Pannonia, Hungary

Vera Komarova,
Daugavpils University, Latvia

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

Stephane Zingue,
University of Maroua, Cameroon

Pierluigi Passaro,
University of Bari Aldo Moro, Italy

Georges Kpazai,
Laurentian University, Canada

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

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

Murtaz Kvirкваia,
Grigol Robakidze University, Georgia

Yassen Al Foteih,
Canadian University Dubai, UAE

Marisa Cecilia Tumino,
Adventista del Plata University, Argentina

Luca Scaini,
Al Akhawayn University, Morocco

Aelita Skarbaliene,
Klaipeda University, Lithuania

Oxana Bayer,
Dnipropetrovsk Oles Honchar University, Ukraine

Onyeka Uche Ofili,
International School of Management, France

Aurela Saliaj,
University of Vlora, Albania

Maria Garbelli,
Milano Bicocca University, Italy

Josephus van der Maesen,
Wageningen University, Netherlands

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

Francisco Gonzalez Garcia,
University of Granada, Spain

Mahgoub El-Tigani Mahmoud,
Tennessee State University, USA

Miriam Agreda Montoro,
University of La Rioja, Spain

Daniel Federico Morla,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Valeria Autran,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,
Universiti Sains, Malaysia

Angelo Viglianisi Ferraro,
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

Roberto Di Maria,
University of Palermo, Italy

Delia Magherescu,
State University of Moldova, Moldova

Paul Waithaka Mahinge,
Kenyatta University, Kenya

Aicha El Alaoui,
Sultan My Slimane University, Morocco

Marija Brajčić,
University of Split, Croatia

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

Belen Martinez-Ferrer,
Univeristy Pablo Olavide, Spain

Rachid Zammar,
University Mohammed 5, Morocco

Fatma Koc,
Gazi University, Turkey

Calina Nicoleta,
University of Craiova, Romania

Shadaan Abid,
UT Southwestern Medical Center, USA

Sadik Madani Alaoui,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Patrizia Gazzola,
University of Insubria, Italy

Krisztina Szegedi,
University of Miskolc, Hungary

Liliana Esther Mayoral,
National University of Cuyo, Argentina

Amarjit Singh,
Kurukshetra University, India

Oscar Casanova Lopez,
University of Zaragoza, Spain

Emina Jerkovic,
University of Josip Juraj Strossmayer, Croatia

Carlos M. Azcoitia,
National Louis University, USA

Rokia Sanogo,
University USTTB, Mali

Bertrand Lemennicier,
University of Paris Sorbonne, France

Lahcen Benaabidate,
University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Morocco

Janaka Jayawickrama,
University of York, United Kingdom

Kiluba L. Nkulu,
University of Kentucky, USA

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

George C. Katsadoros,
University of the Aegean, Greece

Elena Gavrilova,
Plekhanov University of Economics, Russia

Eyal Lewin,
Ariel University, Israel

Szczepan Figiel,
University of Warmia, Poland

Don Martin,
Youngstown State University, USA

John B. Strait,
Sam Houston State University, USA

Nirmal Kumar Betchoo,
University of Mascareignes, Mauritius

Camilla Buzzacchi,
University Milano Bicocca, Italy

EL Kandoussi Mohamed,
Moulay Ismai University, Morocco

Susana Borrás Pentinat,
Rovira i Virgili University, Spain

Jelena Kasap,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Massimo Mariani,
Libera Università Mediterranea, Italy

Rachid Sani,
University of Niamey, Niger

Luis Aliaga,
University of Granada, Spain

Robert McGee,
Fayetteville State University, USA

Angel Urbina-Garcia,
University of Hull, United Kingdom

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

Marko Andonov,
American College, Republic of Macedonia

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

Leyla Yilmaz Findik,
Hacettepe University, Turkey

Vlad Monescu,
Transilvania University of Brasov, Romania

Stefano Amelio,
University of Unsubria, Italy

Enida Pulaj,
University of Vlora, Albania

Christian Cave,
University of Paris XI, France

Julius Gathogo,
University of South Africa, South Africa

Claudia Pisoschi,
University of Craiova, Romania

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

Joseph Ntale,
Catholic University of Eastern Africa, Kenya

Kate Litondo,
University of Nairobi, Kenya

Maurice Gning,
Gaston Berger University, Senegal

Katarina Marosevic,
J.J. Strossmayer University, Croatia

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

Syed Shadab,
Jazan University, Saudi Arabia

Koffi Yao Blaise,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Mario Adelfo Batista Zaldivar,
Technical University of Manabi, Ecuador

Kalidou Seydou,
Gaston Berger University, Senegal

Patrick Chanda,
The University of Zambia, Zambia

Meryem Ait Ouali,
University IBN Tofail, Morocco

Laid Benderradji,
Mohamed Boudiaf University of Msila, Algeria

Amine Daoudi,
University Moulay Ismail, Morocco

Oruam Cadex Marichal Guevara,
University Maximo Gomes Baez, Cuba

Vanya Katarska,
National Military University, Bulgaria

Carmen Maria Zavala Arnal,
University of Zaragoza, Spain

Francisco Gavi Reyes,
Postgraduate College, Mexico

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

Patricia Randrianavony,
University of Antananarivo, Madagascar

Roque V. Mendez,
Texas State University, USA

Kesbi Abdelaziz,
University Hassan II Mohammedia, Morocco

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

Ilknur Bayram,
Ankara University, Turkey

Elenica Pjero,
University Ismail Qemali, Albania

Gokhan Ozer,
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Turkey

Veronica Flores Sanchez,
Technological University of Veracruz, Mexico

Camille Habib,
Lebanese University, Lebanon

Larisa Topka,
Irkutsk State University, Russia

Paul M. Lipowski,
Creighton University, USA

Marie Line Karam,
Lebanese University, Lebanon

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

Mohamed Berradi,
Ibn Tofail University, Morocco

Visnja Lachner,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Sangne Yao Charles,
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

Omar Boubker,
University Ibn Zohr, Morocco

Kouame Atta,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Patience Mpanzu,
University of Kinshasa, Congo

Devang Upadhyay,
University of North Carolina at Pembroke, USA

Nyamador Wolali Seth,
University of Lome, Togo

Akmele Meless Simeon,
Ouattara University, Ivory Coast

Mohamed Sadiki,
IBN Tofail University, Morocco

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

Gamal Elgezeery,
Suez University, Egypt

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

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

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

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

Alla Manga,
University Cheikh Anta Diop, Senegal

Lalla Aicha Lrhorfi,
University Ibn Tofail, Morocco

Ruth Adunola Aderanti,
Babcock University, Nigeria

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

Aka Koffi Sosthene,
Research Center for Oceanology, Ivory Coast

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

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

Sophia Barinova,
University of Haifa, Israel

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

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

Aderewa Amontcha,
Université d'Abomey-Calavi, Benin

Khadija Kaid Rassou,
Centre Régional des Métiers de l'Éducation et de la Formation, Morocco

Rene Mesias Villacres Borja,
Universidad Estatal De Bolívar, Ecuador

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

Qamil Dika,
Tirana Medical University, Albania

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

Hariti Hakim,
University Alger 3, Algeria

Emel Ceyhun Sabir,
University of Cukurova, Turkey

Salomon Barrezueta Unda,
Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

Belkis Zervent Unal,
Cukurova University, Turkey

Elena Krupa,
Kazakh Agency of Applied Ecology, Kazakhstan

Carlos Angel Mendez Peon,
Universidad de Sonora, Mexico

Antonio Solis Lima,
Apizaco Institute Technological, Mexico

Roxana Matefi,
Transilvania University of Brasov, Romania

Bouharati Saddek,
UFAS Setif1 University, Algeria

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

Serigne Modou Sarr,
Universite Alioune DIOP de Bambey, Senegal

Nina Stankous,
National University, USA

Lovergine Saverio,
Tor Vergata University of Rome, Italy

Fekadu Yehualashet Maru,
Jigjiga University, Ethiopia

Karima Laamiri,
University of Moulay Ismail, Morocco

Elena Hunt,
Laurentian University, Canada

Sharad K. Soni,
Jawaharlal Nehru University, India

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

Florence Kagendo Muindi,
University of Nairobi, Kenya

Maximo Rossi Malan,
Universidad de la Republica, Uruguay

Haggag Mohamed Haggag,
South Valley University, Egypt

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

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

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

Fernando Paulo Oliveira Magalhaes,
Polytechnic Institute of Leiria, Portugal

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

Stefan Cristian Gherghina,
Bucharest University of Economic Studies, Romania

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

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

Aristide Yemmafouo,
University of Dschang, Cameroon

Gabriel Anibal Monzón,
University of Moron, Argentina

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

Arburim Iseni,
State University of Tetovo, Republic of Macedonia

Raoufou Pierre Radji,
University of Lome, Togo

Juan Carlos Rodriguez Rodriguez,
Universidad de Almeria, Spain

Satoru Suzuki,
Panasonic Corporation, Japan

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

Russell Kabir,
Anglia Ruskin University, UK

Nasreen Khan,
SZABIST, Dubai

Luisa Morales Maure,
University of Panama, Panama

Lipeng Xin,
Xi'an Jiaotong University, China

Harja Maria,
Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

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

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

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

Bertin Desire Soh Fotsing,
University of Dschang, Cameroon

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

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

Abdelfettah Maouni,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Alina Stela Resceanu,
University of Craiova, Romania

Alilouch Redouan,
University Abdelmalek Saadi, 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,
Federal University of Rio de Janeiro, Brazil

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

Tabou Talahatou,
University of Abomey-Calavi, Benin

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

Hamidreza Izadi,
Chabahar Maritime University, Iran

Hanaa Ouda Khadri Ahmed Ouda,
Ain Shams University, Egypt

Rachid Ismaili,
Hassan 1 University, Morocco

Tamar Ghutidze,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Emine Koca,
Ankara Haci Bayram Veli University, Turkey

David Perez Jorge,
University of La Laguna, Spain

Irma Guga,
European University of Tirana, Albania

Jesus Gerardo Martínez del Castillo,
University of Almeria, Spain

Mohammed Mouradi,
Sultan Moulay Slimane University, Morocco

Marco Tulio Ceron Lopez,
Institute of University Studies, Mexico

Mangambu Mokoso Jean De Dieu,
University of Bukavu, Congo

Hadi Sutopo,
Kalbis Institute, Indonesia

Priyantha W. Mudalige,
University of Kelaniya, Sri Lanka

Emmanouil N. Choustoulakis,
University of Peloponnese, Greece

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

Pinnawala Sangasumana,
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

Abdelali Kaaouachi,
Mohammed I University, Morocco

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

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

Amaya Epelde Larranaga,
University of Granada, Spain

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

Saly Sambou,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Daniela Di Berardino,
University of Chieti-Pescara, Italy

Dorjana Klosi,
University of Vlore "Ismail Qemali, Albania

Abu Hamja,
Aalborg University, Denmark

Stankovska Gordana,
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

Maria Leticia Bautista Diaz,
National Autonomous University, Mexico

Bruno Augusto Sampaio Fuga,
North Parana University, Brazil

Anouar Alami,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Vincenzo Riso,
University of Ferrara, Italy

Janhavi Nagwekar,
St. Michael's Hospital, Canada

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

Xi Chen,
University of Kentucky, USA

Fateh Mebarek-Oudina,
Skikda University, Algeria

Nadia Mansour,
University of Sousse, Tunisia

Jestoni Dulva Maniago,
Majmaah University, Saudi Arabia

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

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

Enriko Ceko,
Wisdom University, Albania

Laura Fischer,
National Autonomous University of Mexico, Mexico

Mauro Berumen,
Caribbean University, Mexico

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

Maria Carlota,
Autonomous University of Queretaro, Mexico

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

Bhupendra Karki,
University of Louisville, Louisville, USA

Evens Emmanuel,
University of Quisqueya, Haiti

Iresha Madhavi Lakshman,
University of Colombo, Sri Lanka

Francesco Scotognella,
Polytechnic University of Milan, Italy

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

Rawaa Qasha,
University of Mosul, Iraq

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

Hani Nasser Abdelhamid,
Assiut University, Egypt

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

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

Ilenia Farina,
University of Naples "Parthenope, Italy

Luisa Zanolla,
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

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

Adriana Burlea-Schiopoiu,
University of Craiova, Romania

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

Nicola Varrone,
University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy

Luis Angel Medina Juarez,
University of Sonora, Mexico

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

Sameer Algburi,
Al-Kitab University, Iraq

Braione Pietro,
University of Milano-Bicocca, Italy

Mounia Bendari,
Mohammed VI University, Morocco

Stamatios Papadakis,
University of Crete, Greece

Aleksey Khlopytskyi,
Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine

Sung-Kun Kim,
Northeastern State University, USA

Nemanja Berber,
University of Novi Sad, Serbia

Krejsa Martin,
Technical University of Ostrava, Czech Republic

Magdalena Vaverkova,
Mendel University in Brno, Czech Republic

Jeewaka Kumara,
University of Peradeniya, Sri Lanka

Antonella Giacosa,
University of Torino, Italy

Paola Clara Leotta,
University of Catania, Italy

Francesco G. Patania,
University of Catania, Italy

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

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

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

Usama Konbr,
Tanta University, Egypt

Branislav Radeljic,
Necmettin Erbakan University, Turkey

Anita Mandaric Vukusic,
University of Split, Croatia

Barbara Cappuzzo,
University of Palermo, Italy

Roman Jimenez Vera,
Juarez Autonomous University of Tabasco, Mexico

Lucia P. Romero Mariscal,
University of Almeria, Spain

Pedro Antonio Martin-Cervantes,
University of Almeria, Spain

Hasan Abd Ali Khudhair,
Southern Technical University, Iraq

Qanqom Amira,
Ibn Zohr University, Morocco

Farid Samir Benavides Vanegas,
Catholic University of Colombia, Colombia

Nedret Kuran Burcoglu,
Emeritus of Bogazici University, Turkey

Julio Costa Pinto,
University of Santiago de Compostela, Spain

Satish Kumar,
Dire Dawa University, Ethiopia

Favio Farinella,
National University of Mar del Plata, Argentina

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

Salwa Alinat,
Open University, Israel

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

Rasool Bukhsh Mirjat,
Senior Civil Judge, Islamabad, Pakistan

Samantha Goncalves Mancini Ramos,
Londrina State University, Brazil

Mykola Nesprava,
Dnoproterovsk State University of Internal Affairs, Ukraine

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

Manotar Tampubolon,
Universitas Kristen, Indonesia

Giacomo Buoncompagni,
LUMSA University of Rome, Italy

Elza Nikoleishvili,
University of Georgia, Georgia

Mohammed Mahmood Mohammed,
University of Baghdad, Iraq

Oudgou Mohamed,
University Sultan Moulay Slimane, Morocco

Arlinda Ymeraj,
European University of Tirana, Albania

Luisa Maria Arvide Cambra,
University of Almeria, Spain

Charahabil Mohamed Mahamoud,
University Assane Seck of Ziguinchor, Senegal

Ehsaneh Nejad Mohammad Nameghi,
Islamic Azad University, Iran

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

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

Harouna Issa Amadou,
Abdou Moumouni University of Niger

Achille Magloire Ngah,
Yaounde University II, Cameroun

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

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

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

Table of Contents:

Possibilities of Nursing High Education in the Context of COVID-19 - Reality and Perspectives.....1

Manana Machitidze

Prothèse Unicompartimentale du Genou : Résultats Préliminaires D'ostéointégration du Plateau Tibial Fixe sans vis ni Ciment à Propos de 146 cas au Centre Hospitalier de la Côte Basque (France).....13

Ulrich Florentin N'guena Yamalet

Yannick Yaovi Dellanh

Tiburce Anselme Yafondo

Abdoulaye Diakité

Pierre Bruneteau

Jean François Lavalle

Oral Health Care of People with Disabilities - A Challenge in Dental Education in Georgia.....35

Elene Gigineishvili

Elza Nikoleishvili

Effets de L'activité Physique sur la Qualité de vie des Diabétiques de Type 2 suivis au Centre Antidiabétique d'Abidjan (CADA).....46

Niangoran Assoh Amandine Elodie

Coulibaly Siaka

Kouame N'Guessan

**Caractéristiques Physico-chimiques de L'eau de Coco Immature de Six
Descendances Hybrides F1 NJM x GVT.....60**

Kodjo Noëlle Françoise

Akpro Lathro Anselme

Saraka Didier Martial

Konan Jean Louis

Niamké Ahonzo Sebastien L.

**Germination Stage Screening of Mutants of Cowpea (*Vigna unguiculata*
L. Walp) to Salinity Tolerance.....73**

Ndeye Fatou Deme

Mouhamadou Moussa Diangar

Mohd Yusuf Rafii

Mame Arama Fall-Ndiaye

Tahir Abdoulaye Diop

**Caractéristiques Structurales Et Importances Socioéconomiques De
Parkia Biglobosa (JACQ.) R. BR. Ex G. Don Dans Les Communes De
Bohicon Et D'Abomey Au Bénin.....85**

Pocoun Damè Kombienou

Gildas Armel N. C. Guezodjè

Ismaila Imorou Toko

Ibouraïma Yabi

Undescended Testis Revealing Triorchidism in a Child: A Case Report.....108

Barry Thierno Saidou

Ibrahima Bocar Welle

Keita Balla

Mamadou Alpha

Florent Tshibwid A. Zeng

Sacko Mohamed Lamine Sadou

Diallo Mamadou Alpha

Daniel Agbo-Panzo

Ecologie et Répartition Spatiale des Peuplements des Siluriformes dans deux Rivières Forestières Yoko et Biaro (Province Tshopo, Fleuve Congo, R.D. Congo).....114

Richard Mahamba Byanikiro

Alidor Kankonda Busanga

Jean-Claude Micha

Évaluation de Stocks de Semence de *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich. (Ebenaceae): Une Espèce en Forte Régression au Niger.....142

Ado Ali

Manirou Oumarou

Maman Maârouhi Inoussa

Ali Mahamane

Mahamane Saadou

Saley Karim

**Durabilité des Peuplements de Mangrove au Large de la Lagune Ebré
dans les Sous-préfectures de Toukouzou, Jacqueville et Attoutou (Sud de
la Côte d’Ivoire).....155**

Crystel Natacha Bohoussou

N’Da Hyppolite Dibi

Jean-Jacques Bali Birba

**Contribution à la Connaissance de la Diversité Ichtyologique et Mode
D’exploitation de Poissons Schilbeidae (Siluriformes) dans le Pool Malebo
(Fleuve Congo), R.D Congo.....178**

Willy Swana Lusasi

Santos Mutanda Kavumbu

Clément Kilingwa Munganga

Isa Manikisa

Bekeli N’Seu Mbomba

Victor Kiamfu Pwema

**Landsat 8 oli Satellite Imagery Mapping and Analysis of Bedrock
Fracture Networks in the Departments of Yamoussoukro and Toumodi
(Central Cote d’Ivoire).....206**

Atte Guillaume

Konan-Waidhet Arthur Brice

Sombe Abé Parfait

Kokobou Kouassi Hervé Jacques

Biemi Jea

Effectiveness of Neem Oil and Jatropha Oil in Controlling Spodoptera frugiperda (J.E Smith) on Maize in the Republic of Chad.....223

Mbaidiro Taambaijim 'd Josue

Onzo Alexis

Caracteristiques Spatio – temporales de la Variabilite Climatique au Benin (Afrique de L'ouest).....240

Modoukpè Inès Oyede

Sylvie Hounzime

Isidore Agbokou

Agali Alhassane

Ibouraima Yabi

Stigmatization and Dishonesty: How Doctors Communicate and Cope with Mental Issues among COVID-19 Patients in Indonesia.....262

Syafiq Basri Assegaff

Rendro Dhani

Mary Ann Hollingsworth

Enrico Adhitya Rinaldi

Sri Dhuny Atas Asri

Sindrome de Burnout y Sobrecarga Laboral de Enfermería en el Área COVID-19.....284

Paulina Ríos Fuentes

Rosa Isela Rodríguez Rivera

Susana Angélica Dorantes Gómez

Ruth Magdalena Gallegos-Torres

**The Effect of Improved Water, Sanitation and Hygiene on Linear Growth
Amongst Children Living in Developing Countries: A Systematic
Review.....296**

Elton Chavura

Wales Singini

Russel Chidya

Balwani Chingaticlifwe Mbakaya

**Caractérisation des Facteurs de Menace sur la Population Sauvage de
Mones de Lowe Cercopithecus lowei Thomas, 1923 dans la Relique
Forestière de l'Université NANGUI ABROGOUA, Côte d'Ivoire.....319**

Sami Blaise Kambire

Karim Ouattara

Elie Bandama Bogui

Kouassi Alphonse Yao

Akoua Clémentine Yao

Noufou Doudjo Ouattara

Inza Kone

**Local Knowledge, Perceptions and Uses Values of Senna obtusifolia (L.)
H.S. Irwin & Barneby, an Invasive Native Plant Species in Burkina Faso,
West Africa.....343**

Alhassane Zare

Innocent Charles Emmanuel Traore

Bossila Seraphin Hien

Loyapin Bonde

Oumarou Ouedraogo



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Possibilities of Nursing High Education in the Context of COVID-19 - Reality and Perspectives

Manana Machitidze, MD, PhD (c)

School of Health Sciences, University of Georgia, Georgia

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p1](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p1)

Submitted: 03 March 2022

Accepted: 30 August 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Machitidze M. (2022). *Possibilities of Nursing High Education in the Context of COVID-19 - Reality and Perspectives*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p1>

Abstract

Aim/objective: The Covid-19 pandemic has swept the world and affected our daily life in various ways. While this impact is often negative, it has pushed some areas for development, overcoming challenges, and generating new opportunities. This article reviews the problem, its triggers, consequences, and perspectives. **Background:** The education sector faced a challenge at the beginning of the pandemic of maintaining security and high-quality teaching simultaneously, especially since there was no online teaching experience. Healthcare faculties were at the forefront of such difficulties, as the training included not only theoretical but also simulation and practical teaching, the implementation of which was initially unimaginable. **Design and Methods:** The article reviews and describes the global situation through secondary data analyses published in SCOPUS and PubMed from 2020-2022. Also, an analysis of survey results conducting in May 2020 at the University of Georgia (UG) School of Health Sciences. **Results and Conclusions:** To formulate the main difficulties will be taken list: teaching, research, and communication. Along with education, the challenge was increasing Internet usage, which in many cases led to delays in the teaching-learning process. Creating virtual platforms and developing online pedagogy is undoubtedly a significant pandemic challenge.

Keywords: Nurse, Education, Nursing Program, Covid-19 Challenges, Nursing Education.

Introduction

The COVID-19 pandemic affected the development of many fields. The education system was no exception. If it is possible to divide the influence to a greater or lesser degree, there is no doubt that the educational programs in the health sciences are one where the impact and delay have occurred to a high degree. According to a survey completed by the International Association of Universities (AIU), which analysed the results of a survey of 500 universities in 112 countries, 43% of universities said about health care that the curriculum requires physical presence and is greatly affected by pandemics, while journalism, social sciences, mathematics, and statistics was -3%. (AIU, 2020).

Nursing education delays have faced the same challenges and problems around the world. According to an International Council of Nurses(ICN) survey, 73% of member-association countries reported delayed undergraduate nursing education. In addition, at the pandemic's beginning, many schools stopped face-to-face teaching and teaching. (Jennifer Chips, 2021). The same thing was happening in Georgian educational institutions, as well as in other countries.

Distance learning has been and continues to be a challenge to the education system, although this challenge has become widespread and, unfortunately, forced due to the Covid-19 pandemic. Information technology development facilitated online education's story long before the pandemic (Natriello, 2005). In 1998, Bulen noted in his study that students like the opportunity to evaluate other students' ideas and comments while learning online, which positively affects their involvement in the learning process. However, Knapper noted in his 1988 paper that compared to students studying in a traditional setting, students in distance learning have less motivation to learn and have difficulty developing learning habits. Lecturers' knowledge, skills, and attitudes are fundamental in distance learning. (Owens, J.&, Etc., 2009). In an online environment, teachers need to interact with students to achieve student success and teaching satisfaction. However, it is clear that online learning during the Covid-19 pandemic is a stalemate, compounded by a lack of experience in distance teaching; it is not easy to conclude. Learning the technologies, understanding the teaching principle, and developing new methodologies put the teachers in a stressful environment and carry risks regarding teaching-learning quality. It is important to note that nursing teaching includes both theoretical and simulation and practical training. Therefore, it is impossible to carry out fully distance learning in all directions.

The main focus of the universities since covid-19 pandemic inception was to develop a model of learning that would enable all students to acquire knowledge. At the same time, It was necessary to take care of the safety of the students and staff, breaking infection transmission by staying at home, and less in contact. Online and e-learning have been introduced in universities

worldwide and used by various digital platforms. All this required not only the development of teaching-learning skills but also the study and refinement of digital skills of students and professors. The change to online learning due to the pandemic was a reason for the suspension of nurse-student work in the clinics and full-fledged clinical practice. Transitioning to a new teaching model has posed many challenges for educational institutions. The main questions were maintaining qualifications, education and training quality, and achieving outcomes.

The first year of the pandemic declaration was universities' most significant challenge in recent academic years. Added to this is that the Covid-19 pandemic made the lack of nurses more apparent. The filling of medical staff in clinics, especially nurses, has increased educational institutions' responsibility, as accredited nursing programs are responsible for training qualified, competent new staff. Higher institutions have been and are facing a significant challenge. Providing nurse students and alums with clinics without reducing their credibility (Jennifer Chips, 2021).

The significant negative impact of the pandemic was on clinical practice. Learning from the natural clinical environment has shifted to virtual space. Based on a survey conducted by the International Council of Nurses (ICN), in the 20-21 academic year, 46% of countries cancelled or temporarily suspended clinical practices for nursing students. Furthermore, 41% said the clinical course was limited to specific regions (territories). For example, in Western Cape Nursing School, students could only undergo clinical practice after a loss of five months of clinical study time (ibid).

It is important to note that during the Covid-19 pandemic, integrating clinical skills and developing necessary competencies became the most extensive learning challenge for nursing programs in colleges and universities. After the transition to online teaching, nursing school teachers faced a shortage of training materials, mainly video resources. By topic, most of them needed to be updated according to the new guidelines or did not exist. Consequently, it increases the risk of competence in clinical skills could not being achieved. (Agu & Etc., 2021)

Because students need to achieve clinical skills, which is impossible in a clinical setting, it became necessary to change the curriculum to complete students' clinical practice. Changing included bringing the simulation environment as close to reality and enhancing simulation learning. The National Board of Nursing Councils of the United States (NCSBN) is reviewing legislation and clinical practice standards to make recommendations for greater use of high-precision simulation space, allowing students to replace clinical practice with a virtual experience. In contrast, students will spend more time gaining clinical experience in clinics in the future. (ibid).

The negative impact of the pandemic is increasingly affecting developing countries. Lack of nurses affecting clinical teaching, lack of technology for online training, lack of material and human resources required for simulation learning, lack of access to the internet, lack/unpreparedness of training video materials, and financial obstacles - this is an incomplete list of challenges affecting study processes in the universities of developing countries. It means that recommendations for improving teaching-learning do not 'fit all' (ibid).

A lot has changed compared to today's reality and two years ago. First of all, reducing the feeling of stress and insecurity in both students and professors has enabled us to plan and implement teaching more wisely. Of course, this made the availability of vaccines and the availability of vaccination more information about the virus, the means of an unlimited number of tests, and PPE.

Another challenge of the pandemic period that affected the education system was assessment and testing. According to a survey performed by the International Association of Universities (AIU), which analysed survey results from 500 universities in 112 countries, three-quarters (72%) of universities were able to take exams during the pandemic, using new assessment criteria for online / distance exams. Seventeen per cent were able to take the exams in the usual way, 7% were able to take the exams in part, some rescheduled, and only 4% postponed or cancelled the exams. It is also noteworthy that 60% of the universities participating in the study are public, and 40% are private universities. Of these, 68% have more than 10,000 undergraduate and graduate students 47% have up to 5,000 students.

In addition to teaching, the pandemic has had a greater or lesser impact on the internationalisation of universities. However, there were no significant negative results in this direction. In any case, no significant change not planned/ implemented. The delay affected most of the exchange programs. Collaborative meetings and conferences were mainly moved to the online space and held in the form of webinars.

One issue is that research that has experienced delays has affected research activity almost globally during the pandemic, with nearly two-thirds of universities surveyed reporting that investigation has been suspended or delayed. Of course, the reason is common - pandemic, but if we look, they are more or less different: 71% of universities cite border closures, travel bans, and delays in meeting planning as reasons; 66% of the surveyed universities stated that it was impossible to perform fieldwork and engage research; Interesting, that 61% of HEI explained that mainly engages the staff in training activities and curriculum development. In addition, 58% reported that the team did not have access to research laboratories and equipment. Reducing research activities is a common problem for educational institutions globally.

Although this is more pronounced in Africa and the Americas than in Europe, most higher education institutions have delays. (AIU, 2020).

Virtual exchanges and joint online learning, internationalisation and improvement of the curriculum, mobility of academic staff, and training of academic and administrative staff in global competencies are discussed and changed during the pandemic. Nearly every country has experienced this impact to varying degrees. It should say that it enhanced the curriculum in the fields listed above. On the other hand, the covid-19 pandemic negatively affected exchange programs and research. Nevertheless, it should note that it is in the field of healthcare that the research interest has increased. Let us analyse the "pandemic era" 's positive and negative effects on the education system. We can safely enunciate that the pandemic has stimulated the growth of the importance of virtual and online learning and the internationalisation of the curriculum. There was more opportunity for frequent contacts in terms of international communications, problem sharing and exchange of experience, and active and passive involvement in various webinars.

Methods

The article is secondary research and describes the global situation through secondary data analyses. The primary source of the article was the second edition of the Global Survey 2022 published by the Association of International Universities (AIU). This article analyses the problem, its triggers, consequences, and perspectives in the Global based on the research and recommendations made by the publications in 2020-2022 and an overview of various factors that affect nursing programs and the educational process. Choosing primary sources was based on the keywords and topics of the articles published in SCOPUS and PubMed since 2020. In addition, a descriptive analysis of the survey of lecturers and students of the University of Georgia (UG) School of Health Sciences, conducted in May 2020, was also used. Within the framework of the study were three target groups - English-speaking educators of the School of Health Sciences, international students of programs; students of Georgian language programs of the School of Health Sciences; professors and teachers involved in the implementation of educational programs within the School of Health Sciences. The study used quantitative methods of social research - the internet survey technique. The research instruments were a quantitative research questionnaire that included closed and open questions, collected through the Google Forms program. Links to the questionnaire were distributed through the mail and MyUG electronic system and were active for ten calendar days. The school's quality assurance staff prepared the questionnaire with the active participation of school and department heads. 270 out of 1094 students of English-language educational programs (medicine, pharmacy, nursing, dentistry) took part in the

survey. (Confidence interval - 5, Confidence level - 95% required number of answers 285); 61 out of 258 students of Georgian language educational programs. (Confidence interval - 5, Confidence level 95% required number of responses 155); 83 out of 124 lecturers (Confidence interval - 5, Confidence level 95% of necessary answers quantity 94).

Results

Georgia, as around the world, has taken into account the World Health Organization (WHO) recommendations and acted upon them since the pandemic was declared (PHEIC, 2020). Online study at the University of Georgia started in the spring semester of 2020, including clinical practices. With a 3-month delay, it was possible to enter the clinic and undergo clinical practice in the natural clinical field. The School of Health Sciences conducted a quantitative survey among Nursing teachers and students with online questionnaires in May 2020. The survey should identify several critical issues regarding the effectiveness of remote teaching. One of the main challenges named by the students was linked to the timetable of the online classes, the online platform for remote learning, the relevance of the visual materials used instead of practical lessons and the issue of students' access to good internet. At the same time, both the students and professors remark that the positive side of remote learning is saving time and the option of having a lecture recorded. In the case of maintaining a remote teaching regime, it is essential to have theoretical classes online while practical – on-site. Although 96.3% of surveyed international students were involved in the e-learning format (100% of surveyed Georgian students and lecturers were involved), and according to the teaching, 3.7% did not participate in the process, it is important to note 4 main reasons: they did not have information about the e-learning format offered by the university; does not consider e-learning to be a suitable learning format; No payment of tuition fees and the e-learning format is less costly; No internet connection and-or weak internet connection.

Since the beginning of the pandemic, it is already the 6th semester. What has changed throughout this period at the University of Georgia? First, there was much more clinical practice than the distance in each semester. Almost all clinical trials were conducted in the clinical space last two semesters. Most importantly, students' attitudes toward clinical practice have changed. If they were sceptical at the beginning of the pandemic, they were careful to go through training in the clinic because students did not think it safe. Now they are asking to enter the real clinical space and take experience. Such "self-confidence" allowed them to be fully vaccinated, gain more awareness about Covid-19, understand the reality and live with the virus, and, most importantly, analyse their profession's importance and priority.

Discussion

Soon after the emergence of the Covid-19 pandemic, new articles and research have been continuously published in academia addressing the challenges posed to nursing teachers, students and Nursing education in general during the spread of the new virus. As the pandemic period became a "new life norm," nursing training had to readjust and find new methods of teaching in different parts of the world. While the majority of the articles discuss the main obstacles experienced by both the nursing teachers and nursing students, they also invite us to debate how we can learn from the current reality and reinvent Nursing education to meet the needs of the population better.

Their article, *Nursing Teaching in Covid-19 Times: How to Reinvent in This Context?* Costa et al. (2020) discuss the impact Covid-19 pandemic on Nursing education in Brazil. According to the authors, right at the beginning of the virus outbreak, nursing tutoring immediately shifted to "emergency remote teaching", which gave rise to a new set of problems. One of such issues is the link between social inequalities and students' unequal access to online education. Because of this reason, the authors believe that Distance Teaching (DT) might have increased the number of school dropouts (Costa et al. 2020, 1). Other than that, although numerous countries in the world adopted the DT modules, applying the existing academic literature to the new way of teaching became quite challenging. Despite the problems caused by the pandemic, the authors pose the following questions: how can Nursing education be reinvented to fit the new global reality? What can we change or maintain in our current way of training Nursing students? Costa et al. propose to address the gap in remote teaching and make it more inclusive and accessible to students from any social setting.

Similarly to the abovementioned article, Dewart et al. (2020) also delve into the unique concerns of the nursing teachers and students in the time of the Covid-19 pandemic in Canada. According to their article, nursing educators are responsible for ensuring their students' safety as they may be directly exposed to the virus and risk their and their family's health. At the same time, because of the restricted clinical practices, many students were several courses away from completing their nursing degrees. While the pandemic poses multiple challenges to Nursing education and the health system in general, it is indispensable to come up with innovative methods to adapt the learning model to the new reality and think of long-term solutions to the occurred issues. As the Covid-19 pandemic is still ongoing, the authors urge universities and educators to learn from the past lessons concerning patient care, social justice, leadership and ethics.

In their article *Nursing education: challenges and perspectives in times of the COVID-19 pandemic*, Lira et al. (2020, 2) outline several weak points

of Nursing education regarding the Nursing students: lack of personal protective equipment; health insurance; supervision of the preceptor; adequate development of all the crucial skills required by the program. According to the authors, these challenges did not only temporarily emerge during the Covid-19 pandemic but also present longstanding problems that will remain even in the post-pandemic era. For this reason, it is indispensable to consider the adoption of educational technologies not in the form of emergency remote teaching, as it was during the pandemic, but in the form of intentional remote education, which is centred on the quality of learning. Furthermore, returning to the new normality has been associated with stress and anxiety for the students, as they fear getting infected by the virus. Such a study in Israel (Savitsky et al., 2020) suggests offering students new teaching strategies and supporting them during these times.

While it is crucial to critically analyse the issues related to emergency remote teaching during the pandemic, equally essential to consider the challenges of post-pandemic Nursing education. Carreño-Moreno (2021) talks about the problems that emerged from the suspension of students from on-site practical learning for about a year. While it posed multiple challenges to the Nursing educators and students, Carreño-Moreno also discusses what returning to on-site education can mean for the students in regards to their mental and physical health. The author highlights the importance of rethinking the traditional forms of Nursing training, adjusting the curricula to the new reality and developing more flexible educational methods focused on problem-solving and critical thinking. Moreover, a study based on the qualitative research conducted among Nursing students by Woo et al. (2021) in Singapore indicates that students wish to maintain some innovative teaching techniques that emerged during the Covid-19 pandemic, such as remote learning. While face-to-face teaching is slowly coming back to universities across the world, it is crucial to learn from the lessons and adopt technology that can address the gaps in Nursing education.

From different periods of studies analysis, distance learning has both positive and negative effects on higher education. Even though years, the result of this impact is almost the same since the challenges do not change. It should be noted, however, that it became more complicated during the pandemic as it affected nursing education and health sciences. Both online and hybrid learning put at risk and doubt the quality of knowledge and the achievement of results. The effect of the COVID-19 pandemic on the education system is apparent. The degree and impact of influence may vary according to the development of the countries. However, change and impact on the learning process have spread worldwide. Therefore, we can say that the smooth implementation of learning is partially overcome. However, the main challenge is still on the agenda, as the clinical practice component is still

problematic. Two years have passed since the declarative of the pandemic, the prospect of its completion is still in doubt, and going through practice in the clinical space is still questionable.

The Covid-19 pandemic was undoubtedly a significant challenge for the education system. Due to the specifics of the training, the areas of health care, including nursing programs, are particularly challenging in situations and tasks. When we talk about the impact of the Covid-19 pandemic on education, particularly on the teaching and learning of nursing students, we must take into account that there was no experience other than face-to-face teaching in this direction. In the beginning, it was unthinkable. If we look at the "pandemic era" of two years of experience, its impact on the education system can be divided into positive and negative. Undoubtedly, the positive aspects should be considered as the acquisition of technologies and skills training, the refinement of study materials, and the development of students' critical thinking and discussion skills. However, the negative affected an essential component, clinical teaching. The universities also had a positive impact, strengthening the simulation teaching as much as possible and bringing the simulation environment closer to reality.

It has been challenging for universities in developing countries to overcome the difficulties caused by the pandemic. On the one hand, the maximum mobilisation to maintain the quality of teaching. On the other hand, inexperience in dealing with the existing challenges puts them in a difficult situation. Regardless of the country's development, students should receive an adequate education.

Despite the existing "benefits" that positively solve new challenges given to universities, there are many questions. It mainly concerns the quality. How successful were the past two years? Has the learning curve been achieved to the same degree as before the pandemic?

Conclusion

After two years after the start of the "pandemic era", the problems remain, which raises a new challenge. In turn, the necessary search for solutions leads to the cyclicity of the issues. Although the problem of conducting clinical practices in the clinic is resolving, a new one has emerged related to regulations. The clinic's practice conditions, limitations, and attitude have changed. Restrictions are on the number of students to comply with Covid regulations. Patient safety concerning Covid-19 and patients' attitudes towards students, especially international students.

The biggest challenge that has unfortunately been being and probably will be the shortage of nurses. Unfortunately, it is affecting not only the clinical sector but also the education sector. The lack of nurses hinders the implementation of nursing education, as there is also a limited number of nurse

educators. In addition, the lack of teachers limits the number of students admitted to nursing programs.

Teaching, assessment, research, and communication - are the list of the issues and main difficulties. Along with learning, the challenge was increasing Internet usage, which in many cases led to delays in the teaching-learning process. What will happen next, tomorrow, the day after tomorrow? It is a question on which the answer is still open. Creating virtual platforms and developing online pedagogy is undoubtedly a significant pandemic challenge. Unfortunately, even two years after the pandemic started, we still do not have the answer to the question is when will we return to "normal" usual life? However, one is clear, and this is the fact that the Covid-19 pandemic made the problem of lack of nurses more apparent. The filling of medical staff in clinics, especially nurses, has increased educational institutions' responsibility, as accredited nursing programs are responsible for training qualified, competent new staff. Therefore, should need to learn to coexist with really pandemic challenges and continue strengthening the program so that the result is achieved with the university's high reputation maintained by preparing potentially qualified nurses.

Acknowledgement

The author thanks the School of Health care science of UG, International organisations, and authors for their work whose research findings were used in the article.

Conflict of Interest

There is no Conflict of Interest. The article protects the copyright of the used literature. The style is preserved; the author indicates the paraphrase used. The source information is not distorted, nor are the authors compromised.

Author contributions

Authors share copyright equally. She contributed to finding relevant publications, summarising and interpreting/analysing them, revising critically for important intellectual content, and writing the manuscript. By author's final approval, the version was prepared for publication.

References:

1. Agu, C. F., Stewart, J., McFarlane-Stewart, N., & Rae, T. (2021). Covid-19 pandemic effects on nursing education: Looking through the lens of a developing country. *International Nursing Review*, 68(2), 153–158. <https://doi.org/10.1111/inr.12663>

2. Carreño-Moreno, S. P. (2021). Covid-19, teaching, and service: The Challenge of Nursing Training Practices. *Aquichan*, 21(2), 1–3. <https://doi.org/10.5294/aqui.2021.21.2.1>
3. Costa, R., Lino, M. M., Souza, A. I., Lorenzini, E., Fernandes, G. C., Brehmer, L. C., Vargas, M. A., Locks, M. O., & Gonçalves, N. (2020). Nursing teaching in covid-19 times: How to reinvent it in this context? *Texto & Contexto - Enfermagem*, 29. <https://doi.org/10.1590/1980-265x-tce-2020-0002-0002>
4. Dewart, G., Corcoran, L., Thirsk, L., & Petrovic, K. (2020). Nursing education in a pandemic: Academic challenges in response to covid-19. *Nurse Education Today*, 92, 104471. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104471>
5. Galusha, J. M. (1997, January 1). Barriers to learning in distance education. *Interpersonal Computing and Technology Journal*. Retrieved February 27, 2022, from <https://www.learntechlib.org/p/85240/>
6. International Association of Universities (AIU) (2020), The Impact of Covid-19 on Higher Education Around The World, IAU Global Survey Report. . Retrieved March 27, 2022, from <https://www.iau-aiu.net/The-Second-IAU-Global-Survey-Report-on-the-Impact-of-COVID-19>
7. Jennifer Chips, F. D. (2021, August 2). Nursing education during COVID. UWC. Retrieved February 26, 2022, from <https://uwc-server.co.za/news-and-announcements/news/nursing-education-during-covid>
8. Lira, A. L., Adamy, E. K., Teixeira, E., & Silva, F. V. (2020). Nursing education: Challenges and perspectives in times of the COVID-19 pandemic. *Revista Brasileira De Enfermagem*, 73(suppl 2). <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2020-0683>
9. Natriello, G. (2005). Modest changes, revolutionary possibilities: Distance learning and the future of education. *Teaching College Record*, 107, 1885-1904
10. Owens, J., Hardcastle, L. A., & Richardson, B. (2009). Learning From a Distance: The Experience of Remote Students. *International Journal of E-Learning & Distance Education / Revue Internationale Du E-Learning Et La Formation à Distance*, 23(3), 53-74. Retrieved from <http://www.ijede.ca/index.php/jde/article/view/596>
11. Public health emergency of international concern (*PHEIC*). (n.d.). Retrieved February 28, 2022, from https://www.who.int/blueprint/priority-diseases/key-action/Global_Research_Forum_FINAL_VERSION_for_web_14_feb_2020.pdf?ua=1

12. Savitsky, B., Findling, Y., Ereli, A., & Hendel, T. (2020). Anxiety and coping strategies among nursing students during the COVID-19 pandemic. *Nurse Education in Practice*, 46, 102809. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2020.102809>
13. Woo, B. F., Poon, S. N., Tam, W. W., & Zhou, W. (2021). The impact of Covid19 on Advanced Practice Nursing Education and practice: A qualitative study. *International Nursing Review*. <https://doi.org/10.1111/inr.12732>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Prothèse Unicompartmentale du Genou : Résultats Préliminaires D'ostéointégration du Plateau Tibial Fixe sans vis ni Ciment à Propos de 146 cas au Centre Hospitalier de la Côte Basque (France)

Ulrich Florentin N'guena Yamalet

Interne dans le service de chirurgie traumatologie orthopédie de centre hospitalier de la côte basque Bayonne, France

Yannick Yaovi Dellanh

Chirurgien orthopédiste

Tiburce Anselme Yafondo

Interne dans le service

Abdoulaye Diakité

Chirurgien du service

Pierre Bruneteau

Chef de service de chirurgie traumatologie-orthopédie du centre hospitalier de la côte basque, France

Jean François Laval

Chirurgien du service

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p13](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p13)

Submitted: 09 February 2022

Accepted: 07 September 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Yamalet U.F.N., Dellanh Y.Y., Yafondo T.A., Diakité A., Bruneteau P. & Laval J.F. (2022). *Prothèse Unicompartmentale du Genou : Résultats Préliminaires D'ostéointégration du Plateau Tibial Fixe sans vis ni Ciment à Propos de 146 cas au Centre Hospitalier de la Côte Basque (France)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 13.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p13>

Résumé

Introduction : Les prothèses unicompartmentales du genou (PUC) ont été introduites à la fin des années 60 par Marmor, les progrès ont été faits sur la technique, les indications et sur les implants, actuellement le taux de survie des implants est en constante progression, nombreux chirurgiens ont évolués vers le plateau métal-back, c'est-à-dire avec une plaque de base métallique avec vis et ou ciment surmontée d'un insert en polyéthylène, c'est ainsi que nous nous proposons d'étudier un nouvel implant qu'on utilise avec

un plateau tibial fixe sans ciment ni vis. Objectif de cette étude est d'évaluer les résultats de la survie à court terme de PUC à plateau tibial fixe sans vis ni ciment par le processus d'ostéointégration. **Matériel et Méthode.** Il s'agit d'une étude rétrospective continue sur une période de cinq (5) ans mono centrique bi opérateurs de 146 cas de PUC type genus uni, allant de Janvier 2016 au mois de mars 2020 avec un recul moyen de 20 mois (extrême de 3-52 mois). Le service de chirurgie orthopédie-traumatologie du centre hospitalier de Bayonne (France) a servi de cadre d'étude. Les patients ont été évalués selon les scores IKS fonction et genou. **Résultats.** 146 patients étaient inclus, d'âge moyen 64 ans (extrême 43-83 ans), le sexe masculin prédominait 87 hommes contre 59 femmes, trois atteintes bilatérales, l'arthrose fémoro-tibiale médiale était primitive pour 141 genoux latérale pour quatre genoux, un cas d'ostéonécrose. Nos résultats étaient excellents dans 69,86%, mauvais dans 5,47%. **Conclusion :** Cette étude malgré son faible recul montre la pertinence de l'utilisation du plateau tibial fixe sans ciment ni vis dans hémi arthroplastie du genou.

Mots clés: PUC, Plateau tibial fixe, Ostéointégration

Unicompartmental Knee Prosthesis: Preliminary Results Osseo Integration of the Fixed Tibial Plateau without Screws or Cement about 146 Cases at the Hospital Center of the Basque Coast (France)

Ulrich Florentin N'guena Yamalet

Interne dans le service de chirurgie traumatologie orthopédie de centre
hospitalier de la côte basque Bayonne, France

Yannick Yaovi Dellanh

Chirurgien orthopédiste

Tiburce Anselme Yafondo

Interne dans le service

Abdoulaye Diakité

Chirurgien du service

Pierre Bruneteau

Chef de service de chirurgie traumatologie-orthopédie du centre hospitalier
de la côte basque, France

Jean François Laval

Chirurgien du service

Abstract

Introduction: Unicompartmental knee prostheses (PUC) were introduced at the end of the 60s by Marmor, progress has been made on the technique, indications and on implants, currently the survival rate of implants is constantly increasing, many surgeons have evolved towards the metal-back plate, that is to say with a metal base plate with screws and / or cement surmounted by a polyethylene insert, this is how we propose to study a new implant used with a fixed tibial plateau without cement or screws. The objective of this study is to evaluate the results of short-term survival of fixed tibial plateau PUC without screws or cement through the process of osteointegration. **Material and method:** This is a continuous retrospective study over a period of five (5) years monocentric bioperators of 146 cases of uni genus type UKA, from January 2016 to March 2020 with an average follow-up of 20 months (extreme 3-52 months). The orthopedic-traumatology surgery department of the Bayonne hospital center (France) served as the study setting. Patients were assessed according to IKS function and knee scores. **Results:** 146 patients were included, mean age 64 years (extreme 43-83 years), male sex predominated 87 men against 59 women, three bilateral attacks, medial femoro-tibial osteoarthritis was primary for 141 knees lateral for four knees, a case of osteonecrosis. Our results were excellent in 69.86%,

bad in 5.47%. **Conclusion:** This study, despite its small follow-up, shows the relevance of the use of the fixed tibial plateau without cement or screws in knee hemiarthroplasty.

Keywords: PUC, Tibial plateau fixe, Osteointegration

Introduction

Les arthroplasties unicompartmentales du genou ont été introduites à la fin des années 60 par (**Marmor,1973**), et un peu plus tard en France par (**Cartier,1976**), les premiers résultats encourageant de (**Marmor,1979**), ont été suivis par une période d'échec, prolongées par la concurrence de la prothèse totale de genou (**Insall,1976**). Au début des années 80, des bons résultats ont été publiés et suscitent l'engouement pour cette intervention (**Scott,1981**). Des progrès ont été faits sur les indications, sur la technique et sur les implants. Actuellement, il existe un intérêt renouvelé pour l'utilisation des prothèses unicompartmentales à la lumière des résultats publiés par le registre suédois (**Robertson,1999**), qui ont permis de mieux comprendre les causes de l'échec. Les études à long terme, à partir des années 90 (**Argenson ,2002**), retrouvent un taux de survie en constante progression, qui s'établit proche des prothèses totales de genou (**Tabor,2005**), avec une survie supérieure à 90% à 10 ans de recul. Dans la littérature, le fossé entre prothèse unicompartmentale et prothèse totale de genou, en termes de survie à long terme, est sur le point d'être comblé.

Les avantages de cet implant par rapport à la prothèse totale de genou sont multiples : Intervention moins invasive, cinématique proche du genou normal, voire équivalent (**Suggs,2004**), suites post opératoires plus simples, moindre morbidité(infection, raideur), meilleure fonction, préservation du stock osseux (**Newman,1998**) et reprise possible par une autre PUC ou une PTG standard, la difficulté réside dans le choix des indications de l'implant, de nombreux chirurgiens ont évolué vers le plateau métal-back, c'est-à-dire avec une plaque de base métallique avec vis et ou ciment surmontée d'un insert en polyéthylène. L'objectif de cette étude est d'évaluer les résultats de la survie à court terme de PUC à plateau fixe sans vis ni ciment par le processus d'ostéointégration, afin de démontrer les facteurs impliqués dans les échecs ou les succès observés dans notre série de PUC à plateau fixe sans vis ni ciment.

Mais avant cela, nous allons définir l'ostéointégration, ce terme a été utilisé pour la première fois en 1977 par (**Branemarck,1977**), comme la possibilité d'un contact direct entre l'os haversien vivant et un implant mis en charge. L'ostéointégration peut donc être définie comme << la connexion structurale et fonctionnelle entre un os vivant et remanié et la surface d'un implant supportant une charge >> ; Mais cette définition a été reprise en 1991

par (**Zarb Albrektsson**,1986), comme le processus par lequel est obtenue une connexion rigide et cliniquement asymptomatique entre un matériau inerte et l'os.

De nombreuses questions sont toujours d'actualité, notamment sur la technique et sur les indications. Existe-t-il une bonne ostéointégration du plateau tibial sans vis ni ciment ? Quelles sont les causes d'échec et comment les éviter ?

Pour répondre à ces questions, nous allons analyser les résultats des PUC sans vis ni ciments posés par deux chirurgiens dans notre service sur une période de 4 ans.

Matériel et Méthode

Il s'agit d'une étude rétrospective continue mono centrique bi opérateurs de 146 prothèses unicompartmentales du genou type << genus uni>> allant de janvier 2016 au mars 2020, avec un recul moyen de 20 mois (3-52 mois). Le cadre d'étude était le service d'orthopédie traumatologie du centre hospitalier de la côte basque(France).

La prothèse

Il s'agissait d'une prothèse unicompartmentale type genus uni (laboratoire ADLER). L'implant fémoral est un implant de resurfaçage en chrome cobalt, composé d'un condyle fémoral à cimenter ou sans ciment compatible avec l'ensemble des embases de la gamme, le plateau tibial est plat avec une embase tibiale à insert fixe sans ciment à plot d'ancrage, avec la possibilité d'ajouter une vis de fixation, composé de chrome cobalt. Les deux composants étaient systématiquement mis en place sans ciment ni vis. Pour l'implant fémoral, le système d'ancrage primaire assuré par deux plots parallèles formant un angle de 65° avec la coupe distale (système anti-expulsion), symétrique ayant un rayon de courbure constant de l'extension à la flexion avec le carrossage possible jusqu'à 8°. Composant en Chrome Cobalt (CoCr) et à double revêtement pour la version sans ciment (80 µm spray titane + 80 µm HAP) et sablé pour la version à cimenter. Epaisseur du composant fémoral minimale : 6 mm

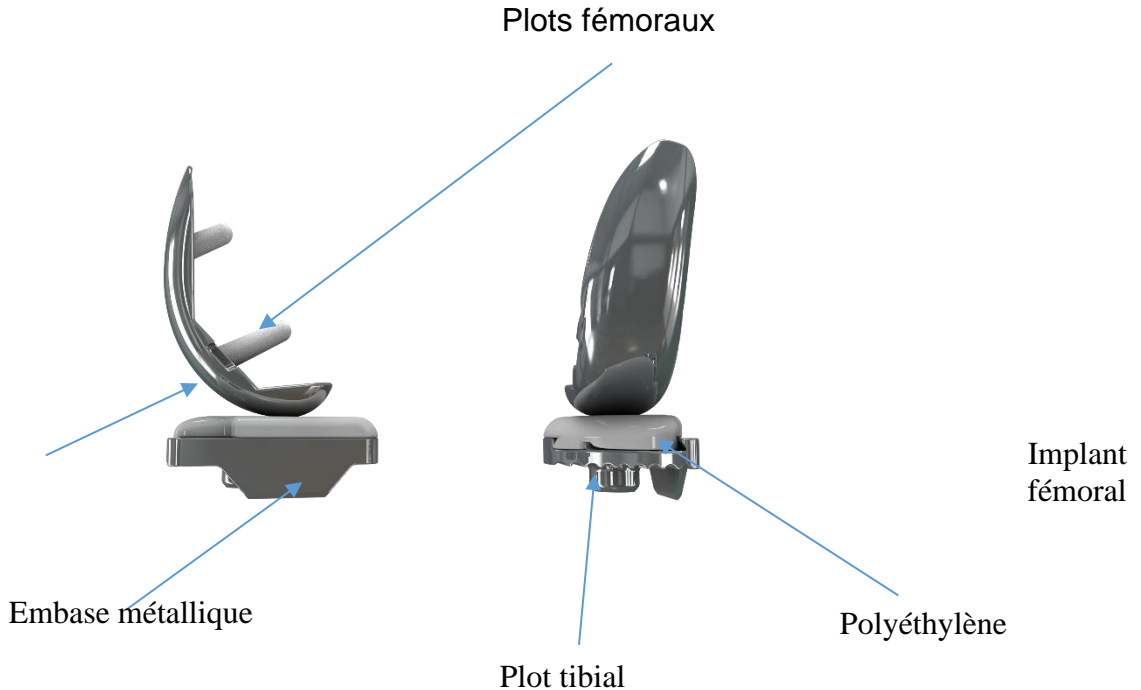


Image 1. La prothèse genus uni

Les critères d'inclusion et d'exclusion

Les critères d'inclusion avaient été établis dès 1987 et avaient été rapportés en 1991 lors des 7^e journées lyonnaises du genou.

Ont été inclus pour notre étude l'ensemble des patients hommes et femmes, sans limitation d'âge opérés d'une PUC genus uni à plateau fixe sans ciment, ni vis dans le service entre Janvier 2016 à Mars 2020, présentant :

- Une atteinte articulaire : une ostéonécrose du condyle médial ou une arthrose fémoro-tibiale unicompartmentale isolée comportant un pincement complet de l'interligne articulaire.
- Une bonne fonction du LCA.
- Un poids inférieur à 80 kg.

Les patients régulièrement suivis et évalués à partir de six (6) semaines post opératoire.

Les critères d'exclusion

Ont été exclus de notre étude les patients présentant :

- Les atteintes rhumatismales (polyarthrite rhumatoïde).
- Arthroses bi ou tricompartmentales.
- Les atteintes ligamentaires associées (laxité antérieure chronique, atteinte du ligament collatéral médial).

Les critères d'ostéointégration

Albrektsson et al. (1986) ont défini les paramètres de succès en 1986. Pour ces auteurs, il existe cinq paramètres pouvant influencer le pourcentage de liaison os/implant :

Le matériau implantaire et sa forme.

- L'état de surface implantaire.
- L'état du site receveur.
- La technique chirurgicale.
- Le temps de cicatrisation.

Les mesures d'ostéointégration

Pour notre étude à partir de troisième (3) mois, il est indispensable de mesurer la stabilité implantaire afin d'en déduire son degré d'ostéointégration. Pour cela, il existe les tests manuels très simples de stabilité et d'évaluation radiologique qui sont les moyens les plus utilisés. Lorsque l'implant est mobile lors du test manuel ou si des zones radio claires (présence de liseré > 2mm) sont visibles autour de celui-ci, l'ancrage osseux est remis en cause. Il est également clinique par la recherche de douleur, et possible de réaliser un test sonore de percussion, celui-ci révèle un son clair lorsque l'implant est « ankylosé » et un son mat quand l'implant n'est plus ostéo-intégré.

Type et Paramètres d'étude

La population d'étude était constituée de 146 PUC type genus uni, sur une période de 4 ans, chez 146 patients dont 59 femmes et 87 hommes, le recul moyen était de 20 mois (extrêmes allant de 3-52), l'âge moyen était de 64 ans (45-83), l'étiologie était dominée par gonarthrose fémoro-tibiale médiale qui représentait 141 cas (96,58%), le genou droit était plus touché avec 75 cas (51,37%), il faut noter que trois patients avaient de PUC bilatérales dont les implants utilisés ne font pas l'objet de notre étude. Les antécédents médicaux étaient dominés par l'hypertension artérielle 29 patients (19,86%), les antécédents chirurgicaux dominés par l'appendicectomie chez 14 patients, soit 9,59%.

Les résultats cliniques ont été étudiés selon le score de IKS, et en se basant sur les courriers des deux chirurgiens on demande à chaque patient lors de la consultation de suivi post opératoire s'il avait oublié la présence de sa prothèse lors des activités quotidiennes, permettant ainsi de la classer dans la catégorie de << genou oublié>>. Les résultats radiographiques ont été évalués à partir de clichés réalisés de façon standardisée au dernier recul : clichés de face et de profil en appui, la pangonometrie nous permet de mesurer l'angle fémoro- tibial mécanique préopératoire et post opératoire au recul, et rechercher la présence de liserés ou d'une dégradation articulaire du compartiment opposé ou fémoro- patellaire. Nous avons enfin recherché une

usure détectable sur les radiographies standards du polyéthylène grâce au repère métallique sur l'embase tibiale.

Le recueil des données s'était fait sur Excel, nous avons utilisé le logiciel Stata 2015 pour l'analyse des données. Les courbes de survie étaient calculées suivant la méthode de Kaplan-Meier avec un intervalle de confiance de 95% en prenant comme événement l'ostéointégration d'une part, et le temps de la survenue de descellement de l'implant d'autre part.

Les indications et la technique chirurgicale

Les indications

Les indications cliniques

L'atteinte arthrosique doit être limitée à un seul compartiment fémoro-tibial. Le patient présente une douleur focalisée sur un interligne fémoro-tibial. Les mobilités du genou doivent être quasiment normales et un déficit d'extension de 10° et ou une flexion inférieure à 100° contre-indiqueraient l'intervention.

Il existe quelques indications rares chez le sujet jeune lorsque l'ostéotomie tibiale est contre-indiquée.

Indications radiologiques

L'atteinte est unicompartmentale sur les radiographies avec un pincement supérieur à 50%.

L'arthrose doit être évoluée à un stade 2, 3, 4 D'alhback modifié

Les indications idéales sont :

- LCA intact.
- Déformation modérée dont l'épiphyse inférieure à 7°.
- Déformation réductible.
- Pas de laxité dans la convexité.
- Arthrose/ nécrose, atteinte mono-compartmentale.
- Age supérieur à 65 ans, Poids inférieur à 80 kg.

La technique chirurgicale

Installation du Patient

Décubitus dorsal sur table conventionnelle. Le genou doit pouvoir être maintenu fléchi à 120° 90° (cale latérale et cale en bout de table) en utilisant au mieux un support articulé commandé. Le genou doit également pouvoir être étendu et positionné en Cabot pour Prothèse unicompartmentale externe. Le garrot est nécessaire, gonflé à la racine de la cuisse. Une asepsie conventionnelle est appliquée.



Image 2. Installation au bloc
Source: Centre hospitalier côte Basque

Les voies d'abord

Voie interne

La voie d'abord antéro-interne s'étend du bord inférieur de l'insertion du ligament rotulien sur la tubérosité tubérale antérieure (TTA) jusqu'au bord supérieur de la rotule. Si une extension est nécessaire en haut pour mieux reporter le système extenseur en dehors, celle-ci doit se faire en disséquant légèrement les fibres du vaste interne selon leur axe à la manière d'Engh mais sur une longueur n'excédant pas 1 à 2 cm. La rotule ne doit jamais être éversée mais refoulée en dehors. Le long du plateau tibial la libération respecte l'insertion distale de la capsule et du ligament latéral interne.

Voie externe

La voie d'abord antéro-externe est utilisée pour les PUC externes. L'incision est para-patellaire externe. Elle s'étend en haut au bord supérieur de la rotule et s'allonge également en disséquant les fibres du vaste externe selon leur grand axe en se recourbant en bas et en arrière. Le ligament de Hoffa est récliné avec le tendon rotulien et le fascia lata légèrement détaché du Gerdy. L'aide exerçant un mouvement de varus forcé. Un écarteur à lame fine récline le tendon rotulien et la rotule en dedans.

La technique chirurgicale

En pratique cette chirurgie dans notre service se fait sous anesthésie générale sauf contre-indication absolue, avec le garrot à la racine de la cuisse. Préparation du site opératoire selon le protocole du service d'hygiène du centre hospitalier de la côte basque du C.L.I.N, champagne avec asepsie rigoureuse. Nous avons deux chirurgiens qui posent la PUC dans notre service avec deux voies d'abord différentes :

Incision par voie sub vastus ou,

Incision para tendino-patellaire médiane de 8 cm.

Dissection prudente des plans superficiels et hémostase sous cutanée.

Capsulotomie puis exposition du plateau tibial médial et exérèse du ménisque. Exérèse des ostéophytes au niveau de l'échancrure et du condyle médiane.

Mise en place de l'ancillaire de coupe tibiale (guide tibial extra médullaire) maintenu par deux pins, puis réalisation de la coupe tibiale après avoir réglé successivement : le plan frontal ; varus/valgus, la rotation, la pente, la hauteur selon la planification préopératoire.

Vérification de l'écart et de l'angulation par espacer avec contrôle extra-médullaire.

Préparation du condyle fémoral avec mise en place de l'ancillaire de coupe distale, puis réalisation de coupe. Vérification de l'écart et de l'angulation par espacer avec contrôle extra-médullaire puis mesure de la taille du condyle, réalisation des coupes postérieures et chanfrein.

Pour permettre l'ostéointégration, forage osseux avec une mèche au niveau de surface de deux coupes.

Réalisation des essais et préparation finale du condyle, préparation finale du plateau tibial, vérification de la bonne stabilité avec du patin.

Lavage abondant puis implantation du plateau tibial et le condyle fémoral, vérification de la course du genou avec l'amplitude en extension complète.

Fermeture plan par plan.



Image 3. Trous de forage osseux permettant L'ostéo-intégration
Source: Centre hospitalier côte Basque

Résultats Epidémiologie

Tableau 1. Les caractéristiques des 146 patients

Age moyen (année)	64 ans (45-83)		
Sexe	87 hommes, 59 femmes		
Coté	75 droits, 68 gauches, 3 bilatérales		
Durée d'hospitalisation moyenne	5 jours (3- 12)		
Taille moyenne(m)	1,69m (1,47-1,88)		
Poids moyen(kg)	82,88kg (48-115)		
Indice de masse corporel	29 (18-43)		
Etiologies	AFTL	AFTM	Ostéonécrose
	4	141	1

AFTL et M : arthrose fémoro-tibiale latérale, et médiale, source notre étude

Il s'agit d'une étude rétrospective continue d'une série de 146 patients d'un âge moyen à 64 ans (extrême 43 – 83 ans), le sexe masculin prédomine 87 hommes (1 AFTL,85 AFTM, 1 ostéonécrose) contre 59 femmes (3 AFTL,56 AFTM), 146 genoux ont été évalués (75 droits, 86 gauches, 3 bilatérales), IMC moyen était 29. La durée moyenne d'hospitalisation était de 5 jours (3-12).

L'arthrose fémoro-tibiale médiale(AFTM), était primitive pour 141 genoux (96,58%), latérale(AFTL) pour 4 genoux (2,74%), 1 cas d'ostéonécrose (0,68%). (Tableau 1)

Tableau 2. Les caractéristiques postopératoires de 146 genoux

Etiologie	Nbre de cas	Age moyen	IKS moyen global
Arthrose médiale	141	55	181,91
Arthrose latérale	4	65	186,5
Ostéonécrose	1	71	190
Total	146	65	182,9

Source : Notre étude

Au recul moyen de 20 mois, nous avons remarqué que le patient a l'étiologie d'ostéonécrose récupère rapidement ses activités quotidiennes

malgré l'âge avancé, suivis des patients avaient l'étiologie de l'arthrose fémoro-tibiale latérale, le score IKS moyen global était 182,09 (181-190).

Les résultats fonctionnel et clinique

Au recul moyen de 20 mois (Minimum 3 – maximum 54) 146 prothèses unicompartmentales du genou type genus uni étaient mises chez nos patients, le score IKS moyen global avant l'intervention chirurgicale était de 172, et est passé à 182 points en post opératoire, au recul le score IKS moyen genou était 92 points (65-98), IKS moyen fonction était 90 points (45- 99). Sur le plan ligamentaire le LCA était intact et fonctionnel chez tous les patients.

En pré opératoire, la flexion maximale moyenne était de 114°, et au recul la flexion maximale moyenne était de 145°.

10 genoux avaient présenté des complications dont 4 chez les femmes et 6 chez les hommes, parmi ces complications huit (8) genoux qui étaient à l'origine de non intégration du plateau tibial, nous avons noté cinq (5) descellements aseptiques précoces soit 3,42%, dont quatre (4) avaient bénéficié d'une chirurgie de révision par totalisation et un par remplacement par un autre plateau tibial de même type de l'implant, deux (2) enfoncements dus aux surpoids dont un avait une bonne intégration du plateau tibial mais les deux avaient eu une chirurgie de révision par totalisation, un cas d'infection profonde qui avait nécessité une PUC cimentée, une (1) progression d'arthrose dans le compartiment latéral avec une bonne intégration du plateau tibial avait bénéficié d'une totalisation, un (1) cas d'usure de polyéthylène dont le plateau avait été remplacé par un plateau cimenté(tableau 3).

Tableau 3. Complications et chirurgie de révision

Complications	Ostéointégration		Chirurgie révision			%
	Oui	Non	Totalisation	Puc cimentée	Puc non cimentée	
Descellement aseptique	0	5	4	0	1	3,42
Enfoncement	1	1	2	0	0	1,37
Infection profonde	0	1	0	1	0	0,68
Sans complications	136	0	0	0	0	93,15
Progression arthrose	1	0	1	0	0	0,68
Usure PE		1	0	1	0	0,68
Total	138	8	7	2	1	100

Source: Notre étude

Au recul, nous avons 8 prothèses unicompartmentales qui n'étaient pas intégrées sur les 146 prothèses mises en place par deux chirurgiens soit un taux de 5,48% d'échec.

A la chirurgie de reprise, deux patients avaient été repris précocement pour des infections superficielles ou ils avaient bénéficié d'un lavage drainage et des prélèvements bactériologiques avaient mis en évidence des staphylocoques, et ils étaient mis sous antibiotique.

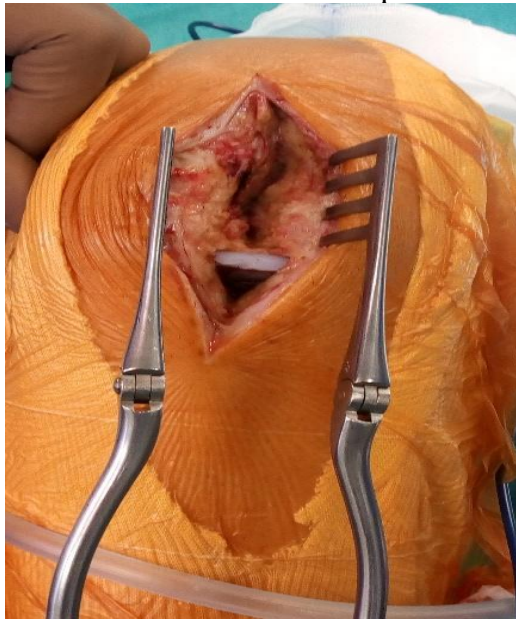




Image 4. Chirurgie de révision chez un patient présentant un descellement aseptique précoce qui avait bénéficié d'une totalisation à 6 mois
Source. Centre hospitalier de la côte Basque



Image 5. Chirurgie de révision chez un patient présentant une infection profonde qui avait nécessité la conversion de PUC non cimentée en une PUC cimentée à 2 mois
Source: Centre hospitalier de la côte Basque

Les résultats radiologiques

Nous avons utilisé la classification de AHLBACK modifiée qui est une classification radiologique et se fait en cinq (5) stades, nous avons observé la

prédominance de stade 4 (54,11%) qui est un pincement médial supérieur à 80% avec une cupule tibiale comprise entre 5-10 mm.

La présence des liserés était observée chez 3 patients (2,05%) au niveau tibial, et 1 patient (0,68%) au niveau fémoral, ces liserés étaient évolutifs.

En post opératoire, l'objectif est de redonner au genou un axe fémoro-tibial mécanique (AFTm) proche de 180° pour garantir la longévité des implants.

AFTm moyen des puc était de $178,25^\circ$, proche de la normale, donc la déviation angulaire globale en post opératoire était de 0 et $1,75^\circ$ de varus.



Image 6: Un patient présentant un varus de $1,3^\circ$
Source: Centre hospitalier de la côte Basque

Les résultats en fonction de scores et critères d'évaluation

En préopératoire le score IKS fonctionnel moyen était 87,09%, IKS genou moyen était 85,56% et le score IKS global moyen était 172,57%.

En post opératoire le score IKS fonctionnel moyen était 90,47%, IKS genou moyen était 91,98% et le score IKS global moyen était de 182,09%.

A l'évaluation nous avons utilisé les critères D'Insall incluant le score IKS, les résultats globaux étaient Excellents chez 102 patients soit 69,86%, Bon 32 (21,92%), Moyen 4(2,73%) et mauvais 8 (5,47%).

La courbe de survie selon KAPLAN MEIER

La courbe de survie à l'intervalle de confiance de 95% en prenant comme événement l'ostéointégration, nous avons observé un taux de survie à 93,10% à 3 mois, et à partir de 15 mois il y a plus de phénomène d'ostéointégration.

L'axe des axes représente le taux de survie, l'axe des ordonnées représente le nombre de mois. Sur la figure à 50 mois le taux d'ostéointégration en termes de survie était 00,00%.

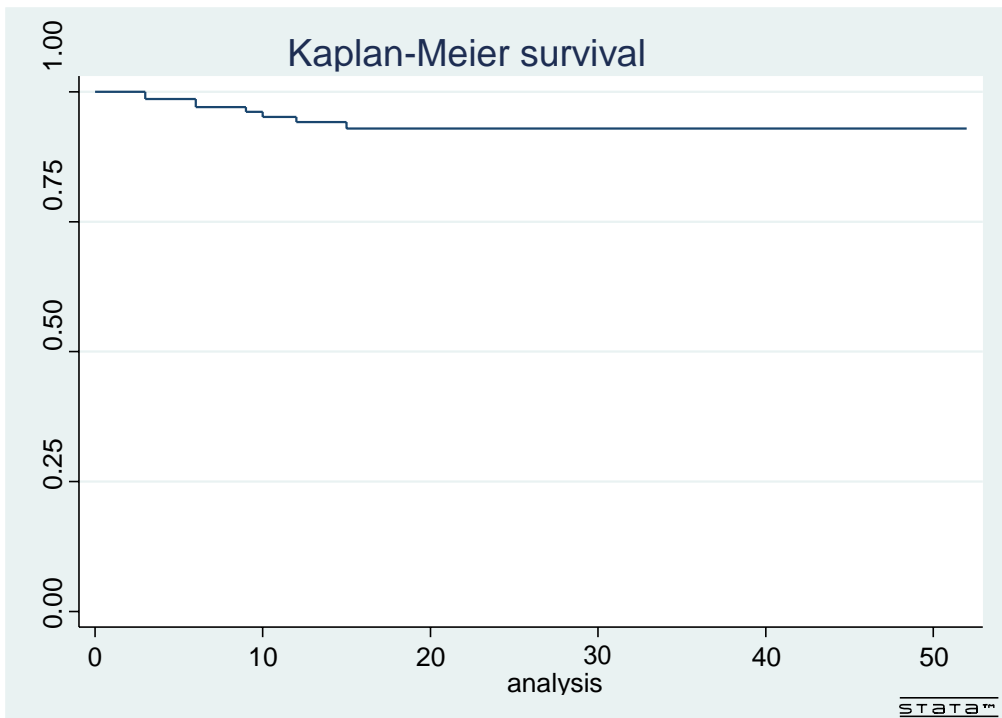


Figure 1. Courbe de survie
Source: Notre étude

Discussions

Cette série de 146 prothèse unicompartmentale du genou, est une étude rétrospective continue mono centrique bi opérateurs.

Sur le plan épidémiologique, nous avons observé une prédominance du sexe masculin avec 59,59%, l'étiologie était dominée par l'arthrose fémoro-tibiale médiale avec 96,58%, l'âge moyen au moment de l'intervention dans notre série était 65 ans, ces résultats ne corroborent pas à l'étude de (Lustig,2009), qui ont montré une prédominance du sexe féminin sur 144 patients inscrits dans leur étude (111 femmes contre 33 hommes), avec l'âge moyen qui était 72 ans.

Cette prédominance féminine a été également observée dans l'étude de (**Bertani,2008**) sur 29 patients (7 hommes contre 22 femmes), l'âge moyen était à 62 ans proche de l'âge moyen dans notre série.

Cette divergence du sexe s'explique dans notre série par l'activité sportive pratiquée par tous les hommes par contre certaines données de la littérature que nous avons parcourues parlent de prédominance féminine liée l'ostéoporose due à la ménopause.

Indice de masse corporelle moyen dans notre série était à 29, ce résultat est identique dans le travail de (**Bertani,2008**) qui ont également un IMC à 27.ces résultats montrent le respect strict dans les indications de prothèse unicompartmentale du genou.

Sur le plan fonctionnel, les séries récentes de la littérature (**Naudie,2004**), montraient des résultats favorables et globalement similaires à ceux de notre série, avec une survie entre 90 et 98% à dix ans en prenant comme évènement l'ablation de la prothèse, or dans notre série nous avons observé une survie à 93,10% à 3 mois en prenant comme évènement l'ostéointégration cette différence de durée s'explique par le fait que dans notre série on suivait seulement un seul phénomène qui est l'ostéo-ingrations qui survient rapidement après la mise en place de plateau tibial sans ciment et ni vis.

La flexion moyenne post opératoire dans notre série était à 145,3° ce qui est supérieur à la majorité des données de la littérature que nous avons lues dans des séries récentes, 121° pour (**Berger,2005**), et 128° pour (**argenson,2002**) bien que mesurée cliniquement, cette différence peut sans doute aussi s'expliquer par l'utilisation de voies d'abord mini invasive et la kinésithérapie d'emblée J1 post opératoire et le dessin de l'implant fémoral avec coupe distale(système anti expulsion), symétrique ayant un rayon de courbure constant de l'extension à la flexion avec le carrossage possible favorisant la flexion de la partie postérieure du condyle. Dans notre série le score IKS moyen global avant l'intervention chirurgicale était de 172, et est passé à 182 points en post opératoire, au recul le score IKS moyen genou était 92 points (65-98), IKS moyen fonction était 90 points (45-99). Sur le plan ligamentaire le LCA était intact et fonctionnel chez tous les patients, ces résultats sont supérieurs à ceux de (**Bertani,2008**) qui ont trouvé un score IKS fonction moyen de 44, un score IKS genou moyen 58, IKS global 102, cette supériorité dans notre série s'explique par le nombre élevé d'arthrose fémoro-tibiale médiale dont la technique chirurgicale est plus simple que dans l'arthrose fémoro-tibiale latérale et à cela s'ajoute l'intégrité du LCA chez tous nos patients.

Les critères de sélection, toutes les séries récentes semblent s'accorder pour dire que la sélection des patients influe de façon importante sur le taux de survie de l'implant (**Naudie,2004**), la limitation de l'atteinte dégénérative

à un seul compartiment, la déviation axiale modérée, une mobilité articulaire peu limitée sont des données classiques. Un IMC modérée est un facteur important pour la survie de l'implant mais dans notre étude nous avons totalisé un genou qui avait une PUC médiale à cause de l'enfoncement du plateau du à une surcharge pondérale par contre (**Tabor,2005**) ont rapporté de très bons résultats chez les obèses dans leur étude cela s'explique que la tolérance de la PUC médiale en cas de surcharge pondérale est théoriquement moins bonne car hypercorrection et surcharge se conjuguent pour accroître les contraintes sur l'implant et le plateau tibial médial.

L'ostéointégration semble être un nouveau concept dans les PUC type genus uni qui n'utilise pas de ciment ni vis pour le plateau tibial, mais la tenue primaire de l'implant compte beaucoup plus sur la fixation biologique, nous avons parcouru plusieurs données de la littérature mais peu d'auteurs se sont consacrés à ce concept à l'exemple de (**Deschamps,2011**) dans leur étude sur les indications et techniques opératoires, ils ont rapporté de cas de plateau tibial avec vis dont les échecs précoces sont liés aux problèmes ligamentaires et à des erreurs techniques sans pourtant toucher l'aspect d'ostéointégration, par contre notre étude a des résultats similaires à l'étude de (**Lustig,2009**) sur les PUC du genou avec plateau tibial tout polyéthylène cimenté avec un taux de survie de Kaplan Meier de 95,6% au recul moyen de 5 ans et notre série a un taux de survie à 93,10% à 2 ans de recul moyen cela montre que l'ostéointégration du plateau tibial a bien fonctionné dans notre étude avec un taux d'échec à 5,48% ; notre taux de survie est supérieur à celui de (**Sébiló,2013**) qui ont trouvé dans leur étude un taux de survie à 83,7% à 10 ans.

Les complications

Au Recul moyen de 20 mois, nous avons eu un seul cas d'usure du polyéthylène soit 0,68%, (**Heck,1993**) ont confirmé également dans leur étude que l'usure polyéthylène est souvent la cause d'échec de PUC, or(**lustig,2009**) dans leur étude de PUC avec plateau tibial tout en polyéthylène cimenté n'ont pas trouvé un cas d'usure de polyéthylène, le problème semble être exceptionnel, à condition de sélectionner les indications et de conserver une hypo correction modérée surtout en cas de PUC médiale.

L'infection est une complication rarement rapportée dans le cadre de PUC (**Amin,2006**) notre résultat (0,68%) corrobore également à l'étude de (**Sébiló,2013**) qui ont rapporté sept cas (0,78%) dans leur série, cela s'explique par l'utilisation de voies d'abord réduites et d'un ancillaire adapté.

La détérioration du compartiment fémoro-tibial controlatéral non prothèse est une complication fréquemment rapportée, pour (**Steele,2006**) cela concerne 3,4% des PUC , (**Levold et Robertson,1988**) dans leur séries de révision de PUC ont rapporté 25% de progression d'arthrose en cas de PUC

médiale et 35% en cas de PUC latérale, dans notre série nous avons retrouvé que 0,68% de progression de l'arthrose cela s'explique par le respect strict des indications concernant l'atteinte arthrosique préopératoire qui doit être strictement unicompartmentale.

Selon (**Alan de paula**,2014) dans leur étude de vingt-sept série, ont rapporté 33% d'enfoncement du plateau tibial, et 30% de descellement aseptique, notre série semble être la meilleur car nous avons noté 1,37% d'enfoncement et 3,42% de descellement cela s'explique toujours par le respect des indications et l'ostéointégration semble bien fonctionner au regard de ces résultats.

Dans notre étude, en prenant comme évènement l'ostéointégration avec intervalle de confiance à 95%, nous avons observé un taux de survie à 93,10% à trois mois et à partir de quinze mois, il n'y a plus de phénomène d'ostéo-intégration, (**Bertani**,2008) dans leur étude d'arthroplastie mono-compartmentale latérale du genou, avaient rapporté un taux de survie des implants à 83%, mais leur résultat semble meilleur en termes de recul moyen de cinq ans.

Nos résultats globaux selon les critères d'Insall en prenant en compte le score IKS sont proches aux résultats de (**Song lee**,2016) qui ont trouvé 72% d'excellent et 27,6% de bons or notre série a 69,86 d'excellents, 21,92% de bons cette différence peut être expliquée par la faible série dans leur étude de 29 patients.

Conclusion

Cette étude malgré son faible recul montre la pertinence de l'utilisation du plateau tibial fixe sans ciment ni vis dans l'hémi arthroplastie du genou, avec un taux d'échec peu élevé, et un taux de survie très satisfaisant, cette technique chirurgicale est un nouveau concept peu développé en France car il y'a presque pas de publications sur ce concept dont nous envisageons de poursuivre le suivi de ces patients et encourageons d'autre équipe à utiliser cette technique et à évaluer pour une étude de grande série avec un recul plus loin afin de comparer avec nos résultats préliminaires.

Conflit d'intérêt: Les auteurs déclarent qu'il y'a aucun conflit d'intérêt après la rédaction de cet article.

References:

1. Alan de Paula M, Felipe B.G, Jansen O.V, Hugo A. Revision of unicompartmental knee arthroplasty: Implants used and causes of failure. Rev Bras Orthop.2014;49(2):154-159.
2. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The Long-Term Efficacy of Currently Used Dental Implants: A Review and Proposed

- Criteria of Success. *Int J Oral Maxillofac Implants*. Summer 1986;1(1):11-25.
3. Amin A, Patton J, Cook R, Gaston M, Brenkel J. Unicompartimental or total knee arthroplasty? Results from a matched study *Clin Orthop* 2006; 451: 101-106.
 4. Argenson J.N., Y. Chevrol-Benkeddache et J.M. Aubaniac, Modern unicompartimental knee arthroplasty with cement: a three to ten-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*, 2002. 84-A(12): p. 2235-9
 5. Belkaious.L, Neyret.P, Lustig.S, Servien.E: Les prothèses unicompartimentales du genou : Le pour et le contre. *Revue du rhumatisme monographie* ; 2016.
 6. Berger R.A, Meneghini R.M, Jacob J.J, Sheinkop M.B, Della Valle C.J, Rosenberg A.G, Galante J.O. Results of unicompartimental knee arthroplasty at a minimum of ten years of follow up *J.Bone joint surg(Am)*2005; 87: 999-1006.
 7. Bertani A, Flecher X, Parratte S, Aubaniac J, Argenson N. Unicompartimental knee arthroplasty for treatment of lateral gonarthrosis: About 30 cases. Midterm results. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur* (2008) 94 ; 763-770.
 8. Brånemark et al. Osteointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. 1977.
 9. Capra S.W. Fehring, Unicondylar arthroplasty. A survivorship analysis. *J Arthroplasty*, 1992. 7(3): p. 247-51
 10. Deschamps G; Bussiere C. *Encyclopédie Médico Chirurgicale, Traité de techniques chirurgicales. Orthopédie Traumatologie*, 2009, 44-845.
 11. Deschamps G, Chol C. Prothèse unicompartimentale du genou à plateau fixe. Indications et technique opératoire. *Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique* (2011) 97,630-643.
 12. Engelbrecht E: the Sledge prosthesis, a partial prosthesis for destruction of the Knee joint. *Des Chirurgie*, 1971. 11:510.
 13. Gunston FH: Polycentric Knee Arthroplasty: Prosthesis simulation of normal knee movement. *J Bone Joint Surg Am*, 1971. 53-B:272.
 14. Heck D, Marmor L, Gibson A, Rougraff B. Unicompartimental knee arthroplasty. A multicenter investigation with long-term follow-up evaluation *Clin Orthop* 1993; 286: 154-159.
 15. Hernigou P, Deschamps G. Aligement influences wear in the knee after medial unicompartimental arthroplasty *Clin Orthop*2004; 423: 161-165.
 16. Judet J., R. Judet et G. Crepin, *Essais de prothèses ostéo articulaires*. Press'Med, 1947. 52:302.
 17. Insall J. and P. Walker, Unicondylar knee replacement. *Clin Orthop Relat Res*, 1976(120): p. 83-5.

18. Kyung Tae K, Song Lee MD, Jeehyoung Kim, Jin Woo Kim, Min Su K. Clinical results of lateral Unicompartmental knee arthroplasty: Minimum 2 years follow-up. *Clinics in Orthopedics Surgery* 2016; 8: 386-392.
19. Laskin R.S., Unicompartmental tibiofemoral resurfacing arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*, 1978. 60(2): p. 182-5
20. Laurencin C.T., S.B. Zelicof, R.D. Scott and F.C. Ewald, Unicompartmental versus total knee arthroplasty in the same patient. A comparative study. *Clin Orthop Relat Res*, 1991(273): p. 151-6.
21. Lewold S, Robertsson O, Knutson K, Lidgren L. Revision of unicompartmental knee arthroplasty: outcome in 1,135 cases from the Swedish knee arthroplasty study *Acta Orthop Scand* 1998; 69: 469-474.
22. Lustig.S, Paillot j.L; Servien.E; Henry.J, Ait si Selmi.T, Neyret.P. Prothèses unicompartmentales du genou avec plateau tibial tout polyéthylène cimenté : à propos de 144 cas à cinq ans de recul moyen. *Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique* 2009(95) : 12-21.
23. MacIntosh DL: Hemiarthroplasty of the knee using a space occupying Prosthesis for painful varus and valgus deformities. *J Bone Joint Surg Am*, 1958. 40-A: 1431.
24. Marmor L., The Modular Knee. *Clin Orthop Relat Res*, 1973. 94:242.
25. Marmor L., The Modular (Marmor) knee: case report with a minimum follow-up of 2 years. *Clin Orthop Relat Res*, 1976(120): p. 86-94.
26. Marmor L., Marmor modular knee in unicompartmental disease. *J Bone Joint Surg Am*, 1979. 61-A :347-353
27. Mc Keever DC and Elliot RB: Tibial plateau prosthesis. *Clin Orthop Relat Res*, 1960. 18: 86-95.
28. Naudie D, Guerin J, Parker D, Bourne R, Rorabeck C. Medial unicompartmental knee arthroplasty with the millergalante prosthesis *J bone joint surg(Am)* 2004; 86: 1931-1935.
29. Newman J.H., C.E. Ackroyd and N.A. Shah, Unicompartmental or total knee replacement? Five-year results of a prospective, randomised trial of 102 osteoarthritic knees with unicompartmental arthritis. *J Bone Joint Surg Br*, 1998. 80(5): p. 862-5.
30. Neyret P, Demey.G, Servien.E et al. *Traité de chirurgie du genou*. Paris : Elsevier-Masson ;2012.
31. Patil S., C.W. Colwell, Jr., K.A. Ezzet and D.D. D'Lima, Can normal knee kinematics be restored with unicompartmental knee replacement? *J Bone Joint Surg Am*, 2005. 87(2): p. 332-8.
32. Robertsson O, Borgquist L, Knutson K, Lewold S, Lidgren L. Use of unicompartmental instead of tricompartmental prostheses were

- compared with 10,624 primary medial or lateral unicompartmental prostheses. *Acta orthopscand* 1999; 70: 170-5.
33. Scott RD and Santore RF, Unicondylar unicompartmental replacement for osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Am*, 1981. 63A: 536–544.
 34. Sébilo.A, Casin.C, Lebel B, Rouvillain J,Chapuis S, Bonneville P. Facteurs cliniques et techniques influençant la réussite d'une arthroplastie unicompartmentaire fémoro-tibiale. Etude rétrospective multicentrique de 944 prothese. *Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique* (2013) 99, 58-515.
 35. Squire M.W, Callaghan J, Goetz D, Sullivan P.M, Johnston R.C. Unicompartmental knee replacement. A minimum 15 year follow up study *Clin orthop* 1999; 367: 61-72.
 36. Steele R, Hutabarat S, Evans R, Ackroyd C, Newman J. Survivorship of the st georg sled medial unicompartmental knee replacement beyond ten years *J Bone Joint Surg(Br)* 2006; 88: 1164-1168.
 37. Suggs J.F., G. Li, S.E. Park, S. Steffensmeier, H.E. Rubash, Freiberg: Function of the anterior cruciate ligament after unicompartmental knee arthroplasty: an in vitro robotic study. *J Arthroplasty*, 2004. 19(2): p. 224-9.
 38. Tabor O.B, Bernard M, Wan J.Y. Unicompartmental knee arthroplasty: long-tern success in middle-age and obese patients *JSurg Orthop Adv* 2005; 14: 59-63.
 39. Tabor O.B., Jr., O.B. Tabor, M. Bernard and J.Y. Wan, Unicompartmental knee arthroplasty: long-term success in middle-age and obese patients. *J Surg Orthop Adv*, 2005. 14(2): p. 59-63.
 40. Weale A.E. and J.H. Newman, Unicompartmental arthroplasty and high tibial osteotomy for osteoarthrosis of the knee. A comparative study with a 12- to 17-year follow-up period. *Clin Orthop Relat Res*, 1994(302): p.134-7.



Oral Health Care of People with Disabilities - A Challenge in Dental Education in Georgia

Elene Gigineishvili, DMD, PhD (c)

Elza Nikoleishvili, MD, PhD, Professor

School of Health Sciences, University of Georgia, Georgia

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p35](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p35)

Submitted: 09 March 2022

Accepted: 09 September 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Gigineishvili E. & Nikoleishvili E. (2022). *Oral Health Care of People with Disabilities - A Challenge in Dental Education in Georgia*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 35.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p35>

Abstract

Introduction: The dental caries and periodontal disease are the most prevalent diseases in people with disabilities. In 2014 The Association for Dental Education in Europe set up a special interest group to develop the field “Special Care dentistry”, which provides oral care services for people who are unable to accept routine dental care. **Aim:** This article aims to substantiate the role of implementation “Special Care Dentistry” in the dental curriculum and describes the importance of continuing medical education for the dentists, to provide equal and adequate dental services to the people with disabilities in Georgia. **Methods:** The first part of research was based on the analysis of the secondary data for identification the structure of the dental education programs of Georgian higher education institutions; A quantitative and qualitative data was analyzed among 160 people with disability through a specially designed questionnaire, deep interviews were conducted with participants, dentists, and managers of dental clinics. **Results:** 25% of Dental Clinic Managers reported, that their clinics are adapted for people with disabilities. Dental caries 18%, missed tooth due to caries 24% and gingival bleeding was detected in 47.8% of study participants, among them 10.6% outlined the lack of doctor qualifications and experience. **Discussion:** Provision comprehensive dental services to people with disabilities remain a significant challenge for dental clinics. A small number of dentists in Georgia have completed a continuing medical education course in special care dentistry. **Conclusions:** The oral

health of people with disabilities in Georgia is unsatisfactory. More affords should be performed to implement “Special Care Dentistry” in dental education in Georgia.

Keywords: Dental Education; People with disabilities; Dental Caries; Periodontal diseases

Introduction

According to the World Health Organization (WHO), 15% of population have different types of disabilities being one of the largest groups in the world. Today, the number of people with disabilities is increasing in almost every country. Georgia ratified the United Nations Convention on the Rights of Persons with Disabilities (UNCPRD) in 2013. The convention states: "Health professionals are obliged to provide equal quality health services to people with disabilities, including based on free and informed consent." Provision of health services for individuals with disabilities must be equally accessible. Studies on the availability of dental care services for them and the readiness of dentists to treat these individuals in Georgia are very few.

A visit to the dentist and dental services are essential for people with disabilities. A healthy oral cavity is one of the main conditions of individuals general health. Dental caries and periodontal disease are known to be the most prevalent diseases of the oral cavity and play an essential role in global morbidity.

The studies conducted in Portugal (Couto et al. 2018; Haagsma JA et al. 2020), Hungary (Ilona et al. 2019; Orsos et al. 2018;), Germany (Peres MA et al. 2019; Schulte AG et al. 2021), Ireland (Hollatz et al. 2019; Owens J. 2011; Phadraig. M et al.2015), etc., proves that people with disabilities have a higher prevalence of dental caries and periodontal disease compared to people without disabilities.

International studies have shown that students of the dental education programs need to study and develop special care dentistry in the learning process, that will ensure the development of the skills and competencies needed to provide comprehensive dental services to people with disabilities in the future (Dougall et al. 2013; Gysling SP et al. 2020; Rohani et al. 2021) Special Care Dentistry is one of the major course in dental education programs at the world's leading universities (Dublin Dental University, New York University, etc.). This course provides students with the necessary knowledge and practical skills that ensures comprehensive dental services to people with disabilities (preparations, restorations, endodontics, professional cleaning, tooth extraction, etc.).

One of the major challenges in modern dental education is to provide safe and qualitative dental care services for all members of the community.

The knowledge, skills, and competencies that will be developed based on curriculum, will ensure the qualitative and safe dental procedures. The results of international studies prove that dentists are constantly in need of training in continuing medical education to provide complete dental services for people with disabilities (Chadwick, Chapman, and Davies 2018).

Methods

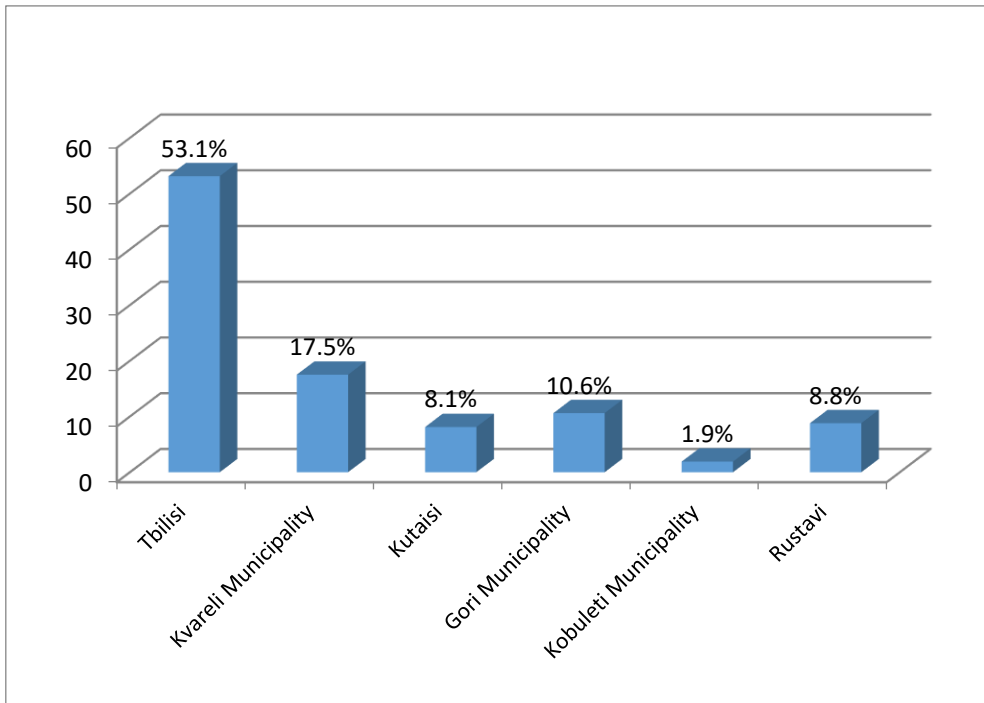
The first part of our research was based on the analysis of the secondary data with the aim of desk research – to identify the structure of the dental education programs of Georgian higher education institutions. The source of data: National Statistics Office of Georgia and the Ministry of Education and Science of Georgia. Based on 2020-2021 data there are 19 state and 45 private higher education institutions in Georgia. The dental education program is included in 12 higher education institutions. "Special Care Dentistry" as a compulsory discipline is not included in the curriculum of any of them. Cross-sectional method of observational study had been chosen for study design, which provides a comparative analysis of data obtained from the survey of people with disabilities and control group.

A quantitative research method was used to study 160 people with disabilities in Georgia through a specially designed questionnaire, approved by the Ethics Council of Biomedical Research of the University of Georgia. During the study, the oral cavity of the target population was clinically examined to assess oral health. This research, in addition to the quantitative research method, envisages the use of qualitative research methods. Quantitative research involves stratified simple random sampling and, in extreme cases, the use of a non-random method (snowball principle). As a part of the qualitative research, deep interviews were conducted with people with disabilities, dentists, and managers of dental clinics.

Results

The survey was conducted in the capital of Georgia, Tbilisi, as well as in five different municipalities, namely Kutaisi, Gori, Rustavi, Kvareli, and Kobuleti. The survey included 160 people with disabilities with the equal gender allocation (50/50). The age cluster was selected using the World Health Organization's Manual, Oral Health Surveys Basic Methods (fifth edition), subgrouping people with disabilities by the age intervals 15–19, 35–44, and 65–74. Figure 1.

Figure 1.Proportional allocation of Respondents by cities



Dental Caries (18%), Missed due to caries (24%), restoration (8%) were detected among participants. Figure2.

Percentage of Dental caries, Missing, Filled and Healthy teeth among the surveyed population

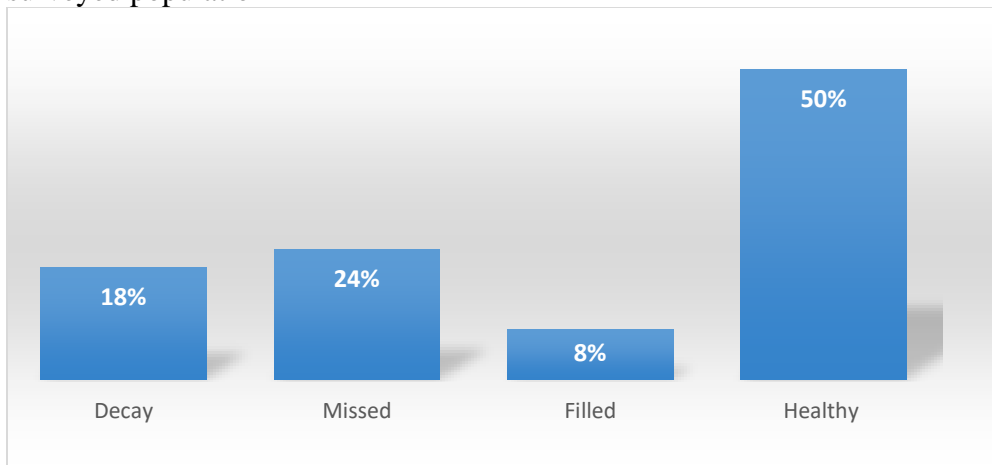


Figure 2. Percentage of Gingival Bleeding

Majority of respondents (51.3%) apply to dentist only in case of pain, while for 86.9% the visit to the doctor is unplanned. Gingival bleeding was

detected in 47.8% of study participants with disabilities and in 41.4% a periodontal pocket 4-5 mm deep. (Figure 3,4)

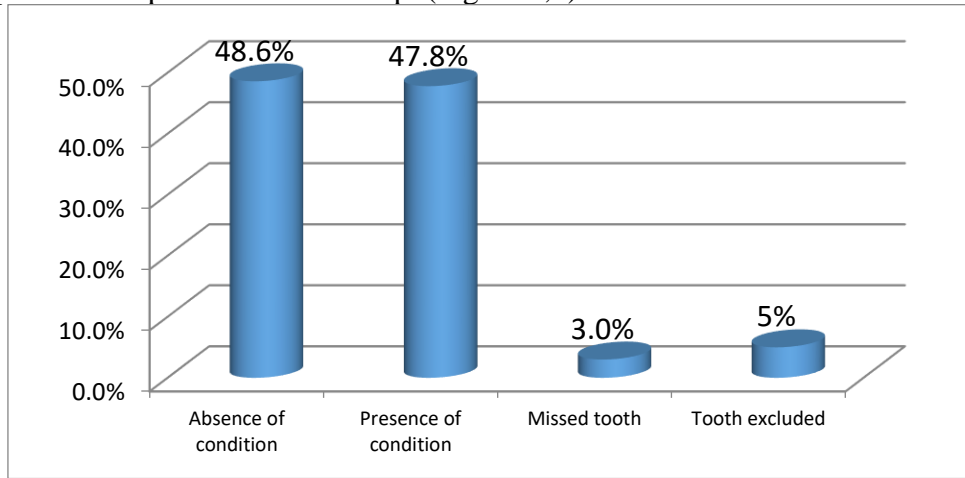


Figure 3. Percentage of Periodontal pocket

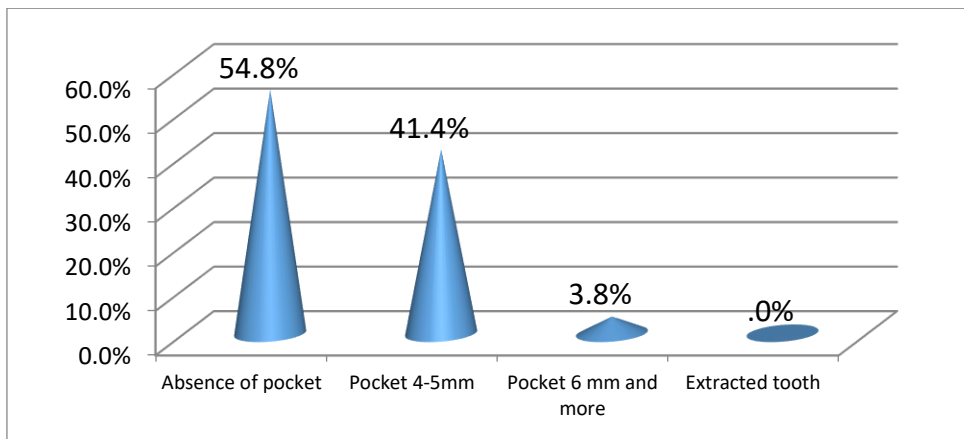


Figure 4. Crosstabular analysis

Only 36.9% of respondents reported brushing their teeth twice a day, 10% of those with disabilities did not visit a dentist at all, 44.4% reported discomfort while knabbing the food, and 38.8% while chewing.

Dental caries was found in 81.1% of people with disabilities living in the cities, and 97.9% of people with disabilities living in municipalities. $\chi^2 = 3,4$ and $P = 0.045$, indicating relation between the settlement type and the development of tooth disease. The chance of tooth decay in an urban area is 0.93, while in municipalities 4,286. OR = 4.6. That is, the life factor in the municipality is important. Figure 5.

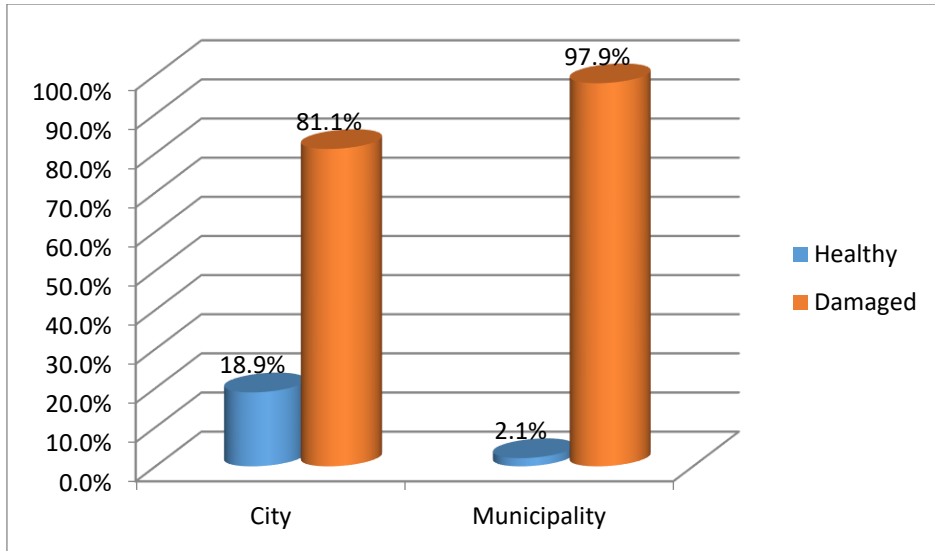


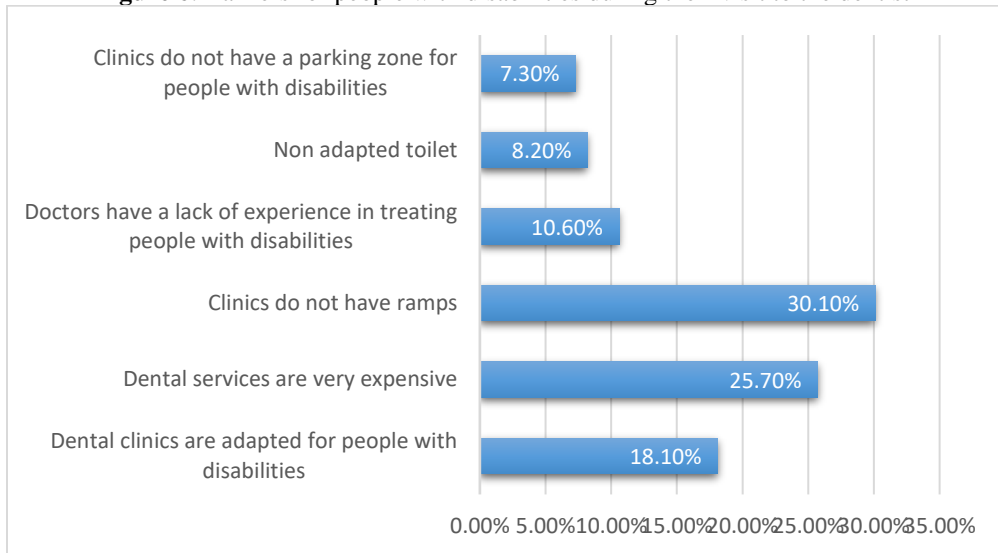
Figure 5.

35.0% of study group with disabilities have dry mouth syndrome, while 38.1% periodically complain about insomnia due to toothache. 24.4% of the respondents mentioned that deteriorated oral health is one of the reasons why they are rarely involved in social activities.

Eating the fruit, in 41.3% of respondents, represents a difficulty and therefore rarely takes it. 32.2% of respondents eat sugary sweet foods daily, and 28.7% several times a week. 21.9% of respondents consume tobacco regularly every day.

In deep-interviews only 18.1% of respondents confirmed that dental clinics were adapted for their requirements, while 25.7% of them identified the high prices as the barrier of getting the dental service, 30.1% lack of ramps, 10.6% lack of doctor qualifications and experience, and 4.4% indicated the problem of non-adapted rest room. Figure 6.

Figure 6. Barriers for people with disabilities during their visit to the dentist



According to the study, 63.8% of people with disabilities are not satisfied with the dental services.

The survey found that 55.0% of dental clinic managers are completely unaware of specific categories of people with disabilities and have a little information of their needs. Figure 7.

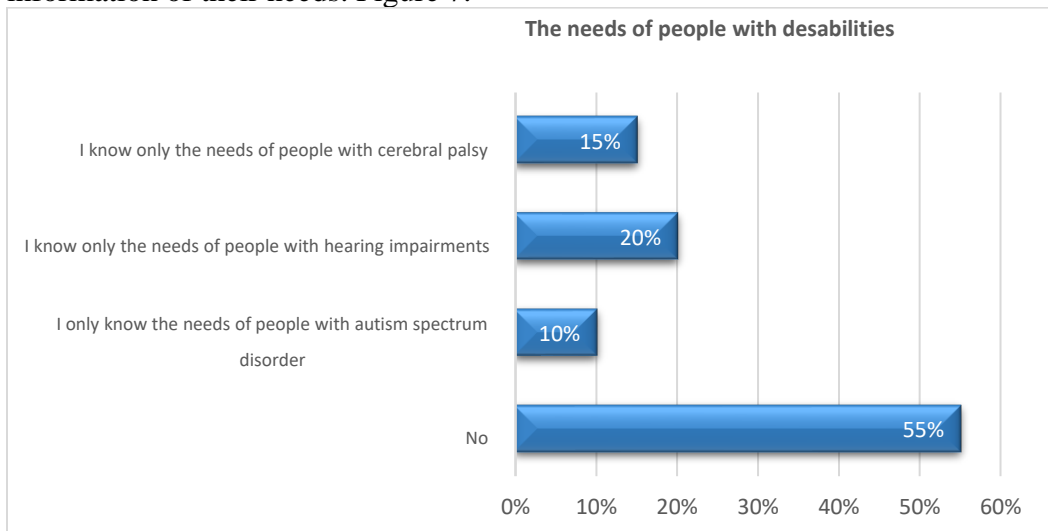


Figure 7.

Only 25% of dental clinic managers believe that their clinic is adapted for people with disabilities. Figure 8.

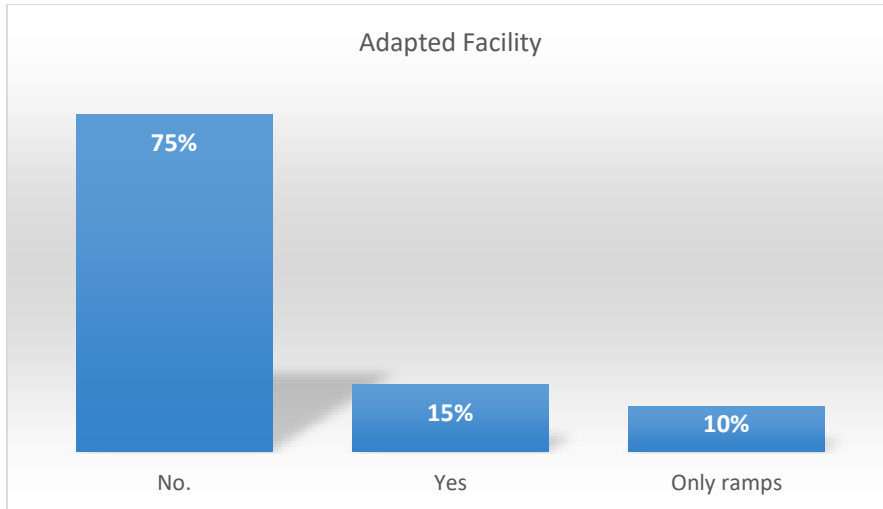


Figure 8.

50.0% of clinics do not use positive discrimination to treat them, while 75.0% think their clinics are not adapted to the perfect dental care of such individuals.

This study showed that people with disabilities do not receive comprehensive dental care. One of the limiting factors was the high prices of dental services (73%), followed by non-adapted dental clinics (65%) and less qualification of dentists in this area (94%).

None of the managers of the surveyed clinics has planned a special course for dentists to improve the dental services for patients with disabilities, nor they plan to do that in the near future.

Discussion

Caries and periodontal disease are associated with poor oral hygiene. Not surprisingly, oral diseases are widespread in people with disabilities. It is difficult for them to do routine oral hygiene, that requires the constant involvement of family members, guardians (Mandasari et al. 2021; Teo et al. 2020; Cancio V. et al. 2018; Faker K. et al. 2019).

The people with disabilities has less access to dental clinics for prevention measures as well as fewer dental restorations and scheduled visits. The studies show that people with disabilities have a large number of extracted teeth, and take appointments with dentists mostly due to the pain. In this regard, dentists are ready to be actively involved in continuing medical education training. Also, a big role is played by tele dentistry, which is a significant benefit for the dental services of people with disabilities.

This issue is of significant importance and requires using the complex approach. Each disabled individual requires an individual selection of

procedures by the dentist. Maximum involvement and awareness of family members or guardians about mastering routine oral care habits of people with disabilities and their use are essential.

According to the data provided by the World Health Organization, the number of people with disabilities worldwide is increasing, and, consequently, the introduction of special needs dentistry as a mandatory specialty will increase significantly in the future.

Conclusion

As a result of the conducted research, the oral health of people with disabilities in Georgia is unsatisfactory. The study outlined the impact of diet on oral health. Routine oral procedures are not daily performed by people with disabilities, also their visits to dentists are usually unplanned, conducted only in case of severe pain.

According to the presented results, it is desirable to develop and implement special care dentistry as a compulsory educational discipline in dentistry educational programs. The concept of evidence-based dentistry shall be actively used, which will create a fundamental basis for the use of personalized approaches to the treatment of people with disabilities in the future.

This research is ongoing and the results may change in part after the study is completed, although the results may already indicate some findings:

- It is recommended to introduce "Special Care Dentistry" as the educational direction in higher dental education programs, which will ensure the provision of comprehensive dental services for people with disabilities as a result of the development of competencies at a given level of education;
- It is recommended to prepare special guidelines for people with disabilities on routine oral health care and nutrition;
- It is recommended to prepare a legislative initiative, which will oblige dental clinics to plan and implement specific training courses for the practitioner dentists, which will improve the accessibility and quality of dental services for people with disabilities.

References:

1. ADA, American Dental Association.
2. Chadwick, D. Chapman, M. Davies, G. (2018). Factors affecting access to daily oral and dental care among adults with intellectual disabilities. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*.
3. Couto, P., Pereira, P. A., Nunes, M., & Mendes, R. A. (2018). Oral health-related quality of life of Portuguese adults with mild intellectual disabilities. *PLoS ONE*, 13(3), 1–14.

4. Cancio, V. Faker, Kh. Bendo, C. (2018). Individuals with special needs and their families oral health-related quality of life. Pubmed.
5. Dougall, A. Thompson, S. A. Faulks, D. et al. (2013). Guidance for the core content of a Curriculum in Special Care Dentistry at the undergraduate level. European Journal of Dental Education.
6. Faulks, D. Freedman, S. Thompson, D. et al. (2012). The value of the education in special care dentistry as a means of reducing inequalities in oral health. European Journal of Dental Education.
7. Faker, Kh. Tostes, M. Cancio, P. (2019). Impact of untreated dental caries on oral health-related quality of life of children with special health care needs.
8. Gysling, SP. Taiclet, LM. Polk, DE. (2020). Associations between practice patterns and dental education in special care dentistry. Wiley Journal. Pubmed.
9. Haagsma JA. James SL. Castle CD. et.al. (2020). Burden of injury along the development spectrum: associations between the Socio-demographic Index and disability-adjusted life year estimates from the Global Burden of Disease study 2017. British Medical Journal.
10. Hollatz, S. Wacker-Gussmann, A. Wilberg, S. et al. (2019). Awareness of oral health in adults with congenital heart disease, Cardiovascular Diagnosis and Therapy.
11. Ilona, S. Emese, G. Tamas, P. et al. (2019). Dental and oral surgical treatment of the mentally retarded in Hungary: The situation in the past, currently and hopes for the future. Orvosi Hetilap.
12. International Association for Disability&Oral Health
13. Mac Giolla Phadraig, C. Nunn, J. Dougall, A. et al. (2014). What should dental services for people with disabilities be like. Results of an Irish Delphi panel survey, PloS ONE.
14. Mandasari, M. Rahmayanti, F. Derbi, H. et al (2021). Special care dentistry perception among dentists in Jakarta: An online survey study. Pubmed.
15. Orsos, M. Moldvai, J. Kivovics, P. et al. (2018). AKJ journal.
16. Owens J. (2011) Barriers to oral health promotion in the republic of Ireland. SAGE journals.
17. Phadraig, M. Guerin, S. Nunn, J. (2015). Should we educate care staff to improve the oral health and oral hygiene of people with intellectual disability in residential care? Real world lessons from a randomized controlled trial. Wiley journal.
18. Peres, MA. Macpherson, LMD. Weyant, RJ. et al. (2019). Oral Diseases: a global public health challenge. The Lancet.

19. Rohani, M. et al. (2021). Dental students' perception on Disability Equality Training as part of the special care dentistry curriculum. Wiley journal.
20. Schulte, AG. Schmidt, P. (2021). Oral Health in persons with disability in Germany-an overview of the literature. Pubmed.
21. Teo, CHK. Mahesh, MN. Lim, GX. (2020). Oral health status and barriers to care in a multiethnic mixed disability center: Rethinking disability community dental services. Wiley journal.
22. World Health Organization. Disability. [cited 9 Jul 2020].
23. Available: <https://www.who.int/health-topics/disability>.
24. Ministry of Education and Science of Georgia;
25. <https://www.mes.gov.ge/index.php?lang=geo>
26. National Statistics Office of Georgia;
27. <https://www.geostat.ge/ka>
28. Legislative Herald of Georgia;
29. <https://matsne.gov.ge/>.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Effets de L'activité Physique sur la Qualité de vie des Diabétiques de Type 2 suivis au Centre Antidiabétique d'Abidjan (CADA)

Niangoran Assoh Amandine Elodie, Doctorante

Coulibaly Siaka, Maître-Assistant

Kouame N'Guessan, Maître de Conférences

Institut National de la Jeunesse et des Sports, Abidjan, Côte d'Ivoire
Laboratoire pluridisciplinaire des sciences du mouvement humain, du développement et du bien-être

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p46](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p46)

Submitted: 04 March 2022
Accepted: 07 September 2022
Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Niangoran A.A.E., Coulibaly S. & Kouame N.(2022). *Effets de L'activité Physique sur la Qualité de vie des Diabétiques de Type 2 suivis au Centre Antidiabétique d'Abidjan (CADA)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 46.
<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p46>

Resume

L'objectif de la présente étude était d'analyser les effets bénéfiques des exercices combinés d'endurance et de renforcement musculaire sur la qualité de vie des patients diabétiques de type 2. Elle a porté sur 22 sujets diabétiques de type 2 dont 15 femmes et 7 hommes sélectionnés à partir du questionnaire de l'aptitude à l'activité physique (QAAP). Les sujets ont répondu au questionnaire World Health Organization Quality of Life (WHOQOL-26) avant et après un programme de huit (8) semaines d'activité physique combinant les exercices d'endurance et de renforcement musculaire. Les résultats ont montré que l'indice de santé physique est passé de 51,62 à 54,22 soit une augmentation non significative de 2,6 ($p=0,091$). L'indice de la santé psychologique est passé de 51,13 à 56,62 soit une augmentation non significative de 5,49 ($p=0,328$). L'indice de relations sociales est passé de 61,74 à une moyenne de 66,28 avec une augmentation non significative de 4,54 ($p=0,247$). Celle de l'environnement est passé de 51,56 à 54,97 soit une augmentation significative de 3,14 ($p=0,008$). Nous pouvons conclure que l'activité physique pratiquée sous forme de fitness associant les exercices

d'endurance et de renforcement musculaire n'a pas d'effets bénéfiques sur la qualité de vie des patients diabétiques de type 2. En effet, aucune amélioration significative n'a été observée sur les paramètres de la qualité de vie en dehors de l'indice de l'environnement.

Mots clés : Activité physique, Qualité de vie, Personne diabétique de type 2.

Effects of Physical Activity on the Quality of Life of Type 2 Diabetics Monitored at the Abidjan Antidiabetic Center (CADA)

Niangoran Assoh Amandine Elodie, Doctorante

Coulibaly Siaka, Maître-Assistant

Kouame N'Guessan, Maître de Conférences

Institut National de la Jeunesse et des Sports, Abidjan, Côte d'Ivoire
Laboratoire pluridisciplinaire des sciences du mouvement humain, du développement et du bien-être

Abstract

The objective of this study was to analyze the beneficial effects of combined endurance and muscle strengthening exercises on the quality of life of type 2 diabetic patients. This study involved 22 type 2 diabetic subjects including 15 women and 7 men selected from the Physical Activity Readiness Questionnaire (QAAP). Subjects answered to the World Health Organization Quality of Life (WHOQOL-26) before and after an eight (8) week physical activity program combining endurance and muscle strengthening exercises. The results showed that the physical health index increased from 51.62 to 54.22, a non-significant increase of 2.6 ($p=0.091$). The psychological health index increased from 51.13 to 56.62, a non-significant increase of 5.49 ($p=0.328$). The index of social relationships increased from 61.74 to a mean of 66.28 with a non-significant increase of 2.6 ($p=0.091$). That of the environment index went from 51.56 to 54.97 with to 54.97, a significant increase of 3.14 ($p = 0.008$). We conclude that physical activity practiced in the form of fitness combining endurance exercises and muscle-strengthening exercises does not have any beneficial effects on the quality of life of type 2 diabetic patients. Indeed, no significant improvement was observed on the parameters of the quality of life apart from the environment index.

Keywords: Physical activity, Quality of life, Type 2 diabetes

I. Introduction et problématique

Le diabète de type 2 est une maladie chronique qui est devenue de plus en plus alarmante dans le monde entier depuis plusieurs années. Il se vit quotidiennement, touche tous les milieux et n'épargne aucun domaine de l'univers des patients. Son impact est de telle ampleur, qu'il atteint aussi bien le patient sur le plan physique que sur les plans psychique et émotionnel, et sa prévalence est en nette augmentation (Fehaima, 2016).

L'évolution d'une personne et de l'environnement social dans lequel il vit, ont beaucoup diminué ses dépenses énergétiques en ouvrant la voie à l'installation de maladies diverses, dites de la sédentarité (Kengne, 2009). Celles-ci semblent favoriser chez les populations une détérioration des conditions de vie, notamment la qualité de vie. La qualité de vie est définie par l'OMS comme la perception qu'a un individu de sa place dans l'existence, dans le contexte de la culture et du système de valeurs dans lesquels il vit, en relation avec ses objectifs, ses attentes, ses normes et ses inquiétudes (Trochu, 2014). Selon le Dictionnaire de psychiatrie de Pierre Juillet (CILF, 2000), la qualité de vie réfère à l'évaluation du bien-être, à l'insertion sociale et à l'autonomie d'une personne (Modarressi et Seyed, 2008).

De tout ce qui précède, nous pouvons définir la qualité de vie comme l'amélioration et le maintien de tous les domaines de la vie de l'homme, à savoir la santé physique, psychologique, sociale, sexuelle et le contact avec l'environnement. Le diabète est caractérisé par sa gravité qui provient essentiellement des complications à long terme, source de décès, de handicap, d'incapacités et d'altération de la qualité de vie (Ake-Tano et al., 2017). La qualité de vie a déjà fait l'objet de de certaines études en rapport avec d'autres maladies. C'est le cas de Younsi et al., (2007) qui ont réalisé une étude sur l'évaluation de la qualité de vie des patients atteints de polyarthrite rhumatoïde à Marrakech. Les résultats de cette étude ont montré que la polyarthrite rhumatoïde altère de façon considérable la qualité de vie du patient qui en est atteint à travers l'anxiété et la dépression. De même, dans son mémoire de fin de cycle, Chenna (2013) a mis en évidence un rapport entre la qualité de vie et le cancer du sein avec ablation chez des patients. Abouothman (2014) a également montré dans ses travaux sur l'évaluation de la qualité de vie des patients diabétiques de type 2 au niveau de la région de Marrakech, qu'il existe une association significative entre la qualité de vie et le genre, l'âge, la profession, milieu de vie, les comorbidités et les complications et le traitement par insuline.

Ainsi, la qualité de vie pourrait être améliorée par plusieurs moyens, notamment l'activité physique. De nombreuses études prouvent l'intérêt de la pratique sportive dans la prise en charge curative des patients, comme dans la prévention, primaire, secondaire comme tertiaire, de nombreuses maladies chroniques (Ardoin et Canot, 2019). L'activité physique fait partie intégrante

de la prise en charge du diabète de type 2 (Bertin et al., 2015). Elle est définie par l'ensemble des mouvements du corps produits par les muscles squelettiques exigeant une dépense d'énergie. Peut inclure des activités occupationnelles, récréatives et de conditionnement, de même que des activités de la vie quotidienne (Bosomworth, 2019).

Dans la prise en charge du diabète de type 2 (DT2), l'activité physique est un élément fondamental pour lutter contre la maladie et ses complications cardiovasculaires et dégénératives, influençant fortement la qualité de vie du patient (Walther et Vinet, 2020). Ardoin, et Canot (2019) ont analysé les effets de la pratique d'une activité sportive adaptée sur 463 patients sédentarisés et présentant des pathologies chroniques telles que l'obésité, le diabète, les cancers, les lombalgies, les maladies cardiovasculaires, les déficits neurologiques et les douleurs articulaires. C'était une cohorte prospective de patients rémois, atteints de pathologies chroniques, inclus entre janvier 2013 et juin 2015. Les résultats ont montré que le test de 6 minutes de marche et le test de tonicité ont été améliorés. Le test de Schöber a diminué. Pour la qualité de vie, les dimensions physique et psychique de l'échelle MOS-SF-36 ont été améliorées. Le Ricci et Gagnon a été amélioré. Nous pouvons conclure que cette étude, en mettant en parallèle des indicateurs de qualité de vie et de performance physique, montre les bénéfices thérapeutiques de l'activité sportive adaptée pour les patients atteints de maladies chroniques. C'est dans cette perspective que l'activité physique pourrait avoir des résultats reluisants sur la qualité de vie.

Dans l'ensemble, certains travaux ont essentiellement porté sur la qualité de vie chez différents des patients, notamment ceux atteints de polyarthrite rhumatoïde (Arrab et al., 2007), du cancer du sein avec ablation Chenna (2013). D'autres par contre, ont mis l'accent sur le genre, l'âge, la profession, le milieu de vie, les comorbidités et les complications et le traitement par insuline en rapport avec la qualité de vie (Abouothman, 2014). De plus, Bertin et al., (2015), Walther et Vinet (2020) et, Ardoin et Canot (2019) ont montré l'aspect fondamental dans la prise en charge du diabète de type 2.

À l'analyse, ces travaux n'ont pas suffisamment pris en compte l'activité physique dans l'amélioration de la qualité de vie, particulièrement chez les personnes diabétiques de type 2, notamment en Côte d'Ivoire. Or, les effets de l'activité physique ont été identifiés chez différentes catégories de populations. Dès lors, quels sont les effets des exercices combinés d'endurance et de renforcement musculaire sur la qualité de vie des patients diabétiques de type 2 suivis au centre Anti-Diabétique d'Abidjan ?

Ainsi pour notre étude, nous pouvons proposer l'hypothèse suivante : les exercices combinés d'endurance et de renforcement musculaire favorisent la qualité de vie des patients diabétiques de type 2.

L'objectif général de la présente étude est d'analyser les effets bénéfiques des exercices combinés d'endurance et de renforcement musculaire sur la qualité de vie des patients diabétiques de type 2.

II. Methodologie

2.1. Echantillon

Dans la présente étude, les patients diabétiques de type 2 constituent la population d'étude. En Côte d'Ivoire, l'on rencontre ces personnes dans plusieurs structures de prise en charge, notamment l'Institut National de Santé Publique au sein duquel se trouve le Centre Anti-Diabétique d'Abidjan (CADA) qui est le cadre choisi pour la réalisation de cette étude. Seuls les patients diabétiques de type 2 venant régulièrement en consultation et ne présentant aucune contre-indication à la pratique régulière de l'activité physique ont été pris en compte dans la présente étude. En références à ces critères, 22 patients soit 15 femmes et 7 hommes ont été sélectionnés à partir du questionnaire de l'aptitude à l'activité physique.

2.2. Methodes

La réalisation de la présente étude expérimentale a nécessité plusieurs étapes. Sur la période du 1^{er} janvier au 14 mars 2019, nous avons procédé à une phase de sensibilisation des patients qui venaient en consultation au Centre Antidiabétique d'Abidjan afin de préparer psychologiquement les personnes à prendre part active à cette étude. Les patients sensibilisés ont donné leur consentement éclairé et étaient libre de faire partir de l'étude ou pas. Un questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique (Q-AAP) afin d'identifier les sujets est à risque.

Les patients ne présentant aucune contre-indication à l'activité physique, ont été pris en compte dans l'étude. L'évaluation de la qualité de vie a été faite à partir du questionnaire World Health Organization Quality of Life (WHOQOL-26) constitué de 26 questions. En pratique, il s'agit d'un questionnaire de 26 questions courtes. Il contient un item concernant la qualité de vie globale auto-évaluée par le sujet, un item évaluant la santé générale perçue. Les 24 autres items correspondent aux 24 facettes du WHOQOL-100 (donc une question dans le BREF par facette de WHOQOL-100). L'objectif du questionnaire est d'évaluer les quatre facteurs de qualité de vie susceptibles de refléter une perception suffisamment large et complète de la qualité de vie des personnes interrogées. Selon Timotin (2012), ces quatre facteurs (domaines) sont :

1) la santé physique (7 items) : des items sur la douleur et gêne ; sommeil-repos ; fatigue-énergie; mobilité ; activités-travail ; dépendance aux traitements.

2) la santé mentale (psychologique) (6 items) : les items concernés questionnent sur les émotions positives ; pensée ; apprentissage ; mémoire et concentration ; estime de soi ; image corporelle ; émotions négatives ; spiritualité et croyances personnelles.

3) relations sociales (3 items) : items sur les relations personnelles ; soutien social ; activité sexuelle.

4) l'environnement (8 items) : items sur la liberté, sécurité ; environnement du domicile ; ressources financières et médico-sociales ; accessibilité et qualité des soins ; accès aux informations ; aux activités de loisirs ; logement ; transport.

Après cette phase d'évaluation, les patients ont été soumis à un programme d'activité physique de type aérobie sur une période de deux mois en raison de 8 semaines pour un totale de 22 séances d'activité physiques.

1.3 Description du programme d'activité physique

En ce qui concerne le programme d'activité physique et en fonction du type de population, il est constitué de plusieurs parties à savoir :

1-Randonnée : C'est une marche effectuée par les patients pour réveiller le corps. Il est nécessaire de réveiller le corps tout entier de façon progressive avant d'entamer la séance proprement dite. Ainsi cette marche se fait sur une distance d'environ ½ kilomètre et quand ils reviennent de la marche, ils s'assillent pour récupérer puis s'hydratent. La randonnée dure 15 minutes.

2-Etirements et respiration : La respiration comporte deux phases : l'inspiration où l'on apporte de l'oxygène dans le corps pour purifier le sang et l'expiration qui va permettre de dégager les gaz et les déchets métaboliques du corps. L'étirement consiste à allonger le muscle au-delà de la longueur initiale de façon progressive. Il concerne les muscles et est fait afin d'éviter les blessures pendant l'activité physique. Il commence de la tête jusqu'aux pieds. Cette étape dure 7 à 10 minutes.

3-Exercices d'endurance : C'est un travail d'endurance qui va lancer le système cardio-respiratoire. Au cours de cette étape, le sucre est utilisé comme source d'énergie pour l'activité physique par les muscles sous forme de glucose. Cette phase dure 15 à 25 minutes.

4-Exercices de renforcement musculaire : Le renforcement musculaire est un travail qui consiste à donner du tonus musculaire aux muscles. Il se fait avec ou sans charges. Cette étape dure également 15 à 25 minutes. Comme le fitness cardiorespiratoire, le renforcement musculaire est structuré. C'est-à-dire que les exercices exécutés partent des membres supérieurs aux membres inférieurs en passant par le tronc ou inversement.

5-Dance : C'est une étape très spéciale de la séance qui consiste, pour les patients, à se mettre debout pour bouger. En effet, une grande partie de la

séance s'est faite assise et donc la circulation sanguine est plus accentuée au niveau du haut du corps. Par contre, la partie basse du corps n'est pas bien vascularisée ce qui pourrait favoriser la formation de caillot de sang dans les pieds. Alors se mettre debout serait l'occasion de favoriser la circulation sanguine dans le bas du corps. Cette étape dure 5 minutes.

6-Relaxation : Elle consiste à ramener le corps à son état initial. Elle s'accompagne également d'étirement. Cette étape dure 10 minutes.

Il faut ajouter à cela qu'en dehors de la randonnée et de la danse, les sujets exécutent les exercices en étant assis sur des chaises.

A la fin du programme, les patients diabétiques de type 2 ont été réévalués à l'aide du questionnaire WHOQOL-26.

En tenant compte de la nature des données collectées, nous avons opté pour une analyse quantitative notamment le test 't' de student pour un échantillon apparié. L'ensemble des analyses a été réalisé à l'aide du logiciel IBM SPSS version 23 et le seuil de signification est fixé à 5%. La dispersion autour de la moyenne pour chaque variable a été calculée à partir des coefficients de variation nommé écart type relatif (Chibane, 2010). Plus la valeur du coefficient de variation est élevée, plus la dispersion autour de la moyenne est grande. Plus cette valeur est faible, plus l'estimation est précise. Il est généralement exprimé en pourcentage. Sans unité, il permet la comparaison des distributions de valeurs dont les échelles de mesure ne sont pas comparables.

III. Resultats

L'objectif général de la présente étude est d'analyser les effets bénéfiques des exercices combinés d'endurance et de renforcement musculaire sur la qualité de vie des patients diabétiques de type 2.

L'ensemble des résultats obtenus est regroupé dans le Tableau 1.

Tableau 1. Relation entre activité physique et qualité de vie des patients diabétiques de type 2

Variables	Avant l'activité physique (n=22)	Après l'activité physique (n=22)	Différence	(Test "t" de student)
	m ± σ	m ± σ		p-value
Indice de S P	51,62±11,59	54,22±7,11	2,6	0,091
Indice de S Psy	51,13±12,14	56,62±11,97	5,49	0,328
Indice de R S	61,74±19,69	66,28±11,34	4,54	0,247
Indice de EN	51,56±14,45	54,97±13,83	3,14	0,008*

* : Liaison significative au seuil de 5% ; SP : Santé physique ; **S Psy** : Santé Psychologique ; RS : Relation Sociale ; EN : Environnement ; n : Effectif ; m ± σ : Moyenne et écart type

Les résultats obtenus chez les patients diabétiques de type 2, montrent qu'avant la pratique de l'activité physique, la moyenne de l'indice de santé

physique était de 51,62. Pour l'indice de la santé psychologique, elle était de 51,13. L'indice de relations sociales était de 61,74. Et celle de l'environnement était de 51,56. Après 8 semaines de pratique d'activité physique, la moyenne de l'indice de santé physique est passée à 54,22 soit une augmentation non significative de 2,6 ($p=0,091$). La moyenne de l'indice de la santé psychologique est passée à 56,62 soit une augmentation non significative de 5,49 ($p=0,328$). L'indice des relations sociales est passé à une moyenne de 66,28 avec une augmentation non significative de 4,54 ($p=0,247$). Celle de l'indice de l'environnement est passée à 54,97 soit une augmentation significative de 3,14 ($p=0,008$). Ces résultats indiquent que dans la présente étude, l'effet du programme d'activité physique est plus ressenti sur l'environnement.

Pour les autres domaines, notamment, la santé physique, la santé psychologique et les relations sociales l'activité physique n'a pas eu d'effets escomptés chez les patients diabétiques de type 2. Cela pourrait être dû à une hétérogénéité de la population d'étude concernant la dispersion autour de la moyenne pour les variables de l'étude. Les résultats du coefficient de variation (CV) avant et après l'activité physique sont regroupés dans le tableau 2.

Tableau 2. Répartition des composants de la qualité de vie des patients diabétiques de type 2 à travers le coefficient de variation (CV) avant et après l'activité physique

Variables	Avant l'activité physique (n=22)			Après l'activité physique (n=22)		
	M	σ	CV	m	σ	CV
Indice de S P	51,62	11,59	22,45%	54,22	7,11	13,11%
Indice de S Psy	51,13	12,14	23,74%	56,62	11,97	21,14%
Indice de R S	61,74	19,69	31,89%	66,28	11,34	17,10%
Indice de EN	51,56	14,45	28,02%	54,97	13,83	25,15%

* : Liaison significative au seuil de 5% ; **SP** : Santé physique ; **SPsy** : Santé Psychologique ; **RS** : Relation Sociale ; **EN** : Environnement ; **CV** : Coefficient de Variation ; n : Effectif ; m : Moyenne ; σ : écart type

Le tableau 2 montre une hétérogénéité au sein de la population d'étude (le coefficient de variation supérieur à 15%) à l'exception de l'indice de santé physique (SP) après l'activité physique. Le coefficient de variation est de 13,11% < 15% ce qui témoigne de l'homogénéité de l'échantillon pour ce paramètre. Cette hétérogénéité pourrait expliquer le manque d'effet significatif de l'activité physique sur les autres domaines de la qualité de vie dans cette étude.

IV. Dossuccion

L'objectif est d'analyser les effets bénéfiques des exercices combinés d'endurance et de renforcement musculaire sur la qualité de vie des patients diabétiques de type 2. Après 8 semaines de pratique d'activité physique, les résultats de cette étude ont montré que la moyenne de l'indice de santé

physique est passée à 54,22 soit une augmentation non significative de 2,6 ($p=0,091$). La moyenne de l'indice de la santé psychologique est passée à 56,62 soit une augmentation non significative de 5,49 ($p=0,328$). L'indice des relations sociales est passé à une moyenne de 66,28 avec une augmentation non significative de 4,54 ($p=0,247$). Celle de l'indice de l'environnement est passée 51,56 à 54,97 soit une augmentation significative de 3,14 ($p=0,008$). Ces résultats ne sont pas corroborés par ceux trouvés dans certaines études, notamment celles de Soleimani et al., (2020), Davinroy (2016), Vagetti et al., (2014), Bertheussen et al., (2011) et Fox et al. (2007).

En effet, Soleimani et al., (2020) ont montré l'efficacité de l'activité physique sur la qualité de vie (QV) de 100 personnes atteintes de diabète de type 2 à l'aide d'un essai contrôlé randomisé et assignés au hasard à des groupes d'intervention (PAP et soins de routine) et de contrôle (éducation et soins de routine). Les scores des domaines physiques, psychologiques et environnementaux de WHOQOL - BREF présentaient des différences statistiquement significatives ($P < 0,0001$). Il n'y avait pas de différence significative pour le domaine des relations sociales entre deux groupes. Nous pouvons conclure que l'activité physique a eu un effet significatif sur tous les aspects de la qualité de vie, y compris les relations sociales des personnes atteintes de diabète de type 2.

De plus, Davinroy (2016) a présenté une analyse de la littérature de Vagetti et al. (2014) qui montre une association positive hautement significative entre l'activité physique et les dimensions de la qualité de vie suivantes : capacité fonctionnelle, qualité de vie globale, autonomie, activités passées, présentes et futures, intimité, santé mentale, vitalité et le domaine psychologique. Une association positive significative a été trouvée entre l'activité physique et les domaines physiques, relations sociales, émotions, santé globale, douleurs et environnement.

Encore, Vagetti et al. (2015) ont comparé l'intensité des activités hebdomadaires (AP légère / AP modérée à vigoureuse recommandées par l'OMS) chez 1806 femmes âgées de plus de 60 ans en fonction de leur impact sur la qualité de vie. Au vu des résultats, les auteurs encouragent le maintien des activités physiques modérées et vigoureuses chez les femmes âgées afin d'obtenir des bénéfices de santé liés à l'activité physique et de permettre d'améliorer la qualité de vie de cette population. Cependant, ils apportent la preuve que les activités physiques d'intensité légère comme la marche (ex : déplacement au cours de la journée) peuvent aussi jouer un rôle dans l'amélioration de la qualité de vie.

Quant à Reed et al. (2014), ils montrent que les activités aérobies seules ont aussi fait leur preuve dans le cadre de l'amélioration de la qualité de vie. En effet, un programme aérobie de douze semaines comprenant trois entraînements individuels de 40 à 60 minutes par semaine dans une salle de

remise en forme, avec une intensité progressive de 50-60% de la fréquence cardiaque réserve sur le premier mois puis 60-70% sur le reste du programme, permet l'amélioration du domaine physique de la qualité de vie chez des femmes en phase de transition ménopausique.

Aussi, une étude américaine a étudié le lien entre la qualité de vie liée à la santé et l'activité physique. Elle a inclus 4 500 personnes âgées de 19 à 91 ans, dont 56 % de femmes. Le niveau minimum d'activité physique recommandée n'était pas atteint pour 40 % de ces personnes. La qualité de vie liée à la santé a été mesurée par le questionnaire *SF-8 Health Survey*. Il ressort de cette étude que l'association entre la qualité de vie et l'activité physique était plus forte pour la santé physique que pour la santé psychique. La qualité de vie liée à la santé était meilleure dans le groupe de personnes pratiquant une activité physique, quel que soit le niveau de fréquence, durée ou intensité de l'activité physique, que dans le groupe n'en pratiquant pas. Cette association était plus forte chez les personnes âgées de plus de 65 ans que chez les moins de 65 ans (Bertheussen et al., 2011).

En ce qui concerne Fox et al. (2007), ils mettent le lien entre l'activité physique et la qualité de vie perçue, chez les personnes âgées. Cette étude a mesuré l'activité physique pratiquée pendant une période de 7 jours par un accéléromètre et a évalué la qualité de vie ressentie et le bien-être psychique par la combinaison de plusieurs questionnaires : WHOQOL-BREF, Satisfaction With life scale, General well-being schedule, Ageing well profile, Clinical physical self-perception profile. La population comprenait 176 participants dont 78 hommes et 98 femmes d'âge moyen 75 ans. Les participants ont été scindés en groupe contrôle de 40 et 92 en groupe intervention. Le programme d'activité physique réalisé dans le groupe intervention était constitué de deux sessions en groupe de 60 à 90 minutes et une session à domicile d'activité physique, par semaine pendant 12 mois. Les résultats montraient que la dépense énergétique journalière liée à l'activité physique était positive. Mais faiblement liée à la qualité de vie ressentie, mesurée par la combinaison des différents questionnaires.

En somme, le programme d'activité physique combinant les exercices d'endurance et de renforcement musculaire n'a pas amélioré de façon significative toutes les dimensions de la qualité de vie des patients diabétiques de type 2. Cela pourrait s'expliquer par l'effectif restreint de l'échantillon de la population ayant pris part à la présente étude sans oublier la fréquence de séances. Ces insuffisances peuvent poser problème concernant la question de la généralisation des résultats.

Conclusion

L'objectif de l'étude était d'analyser les effets bénéfiques des exercices combinés d'endurance et de renforcement musculaire sur la qualité

de vie des patients diabétiques de type 2. Après 8 semaines de pratique d'activité physique, la moyenne de l'indice de santé physique est passée à 54,22 soit une augmentation non significative de 2,6 ($p=0,091$). La moyenne de l'indice de la santé psychologique est passée à 56,62 soit une augmentation non significative de 5,49 ($p=0,328$). L'indice des relations sociales est passé à une moyenne de 66,28 avec une augmentation non significative de 4,54 ($p=0,247$). Celle de l'indice de l'environnement est passée à 54,97 soit une augmentation significative de 3,14 ($p=0,008$).

En dehors de l'indice de l'environnement, la pratique de l'activité physique n'a pas eu d'effet statistiquement significatif sur les autres indices de la qualité de vie des patients diabétiques de type 2. Par ailleurs, les résultats de la présente étude ne permettent pas de faire une généralisation sur la population de diabétiques de type 2 en Côte d'Ivoire. Ces limites se présentent au niveau de la taille de l'échantillon de la population ayant pris part à la présente étude sans oublier la fréquence de séances. Ces insuffisances ouvrent des perspectives et recommandations pour de futurs travaux de recherches dans ce même domaine. Il s'agit de :

- Inciter plus diabétiques de type 2 du Centre Antidiabétique d'Abidjan à participer aux études en relation avec la pratique de l'activité physique ;
- Envisager d'autres études en augmentant l'intensité, la fréquence de travail ;
- Explorer certains domaines de la santé biologique qui n'ont pas été pris en compte dans nos travaux : la créatinine, l'acide urique, l'urée, le HDL ET LDL cholestérol ;
- Explorer les domaines de la qualité de vie de WHOQOL-26 ;
- Doter les centres de santé d'un centre de diabétologie pour la sensibilisation des populations (prévention primaire) et la prise en charge des diabétiques (prévention secondaire et tertiaire).

Remerciements

Nous tenons à remercier l'Institut National de Santé Publique d'Adjamé pour sa collaboration au niveau de l'organisation du processus de recueil des données à l'unité Diabète et sport du Centre Antidiabétique d'Abidjan (CADA).

Conflits d'intérêt : Nous déclarons qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt lié à la réalisation et à la publication de la présente étude.

References:

1. Abouothman S. (2014). *Évaluation de la qualité de vie des patients diabétiques de type 2 au niveau de la région de Marrakech*. Doctorat

- en médecine. Université cadi Ayyad faculté de médecine et de pharmacie Marrakech. Marrakech.
<http://wd.fmpm.uca.ma/biblio/theses/annee-htm/FT/2014/these66-14.pdf>
2. Ake-Tano, S. O. P., Ekou, F. K., Konan, Y. E., Tetchi, E. O., Kpebo, D. O., Sable, S. P., ... & Dagnan, N. S. (2017). Pratiques alimentaires des diabétiques de type 2 suivis au Centre antidiabétique d'Abidjan. *Santé Publique*, 29(3), 423-430. <https://www.cairn.info/revuesante-publique-2017-3-page-423.htm?contenu=article>
 3. Ardoin, A., & Canot, B. (2019). Bénéfices physiques et psychologiques de l'activité sportive adaptée dans une cohorte de malades chroniques. *Science & Sports*, 34(1), 10-15. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S076515971830234X>
 4. Bertheussen G.F., Romundstad P.R., Landmark T., Kaasa S., Dale O., Helbostad J.L. (2011). Associations Between Physical Activity And Physical And Mental Health-A HUNT 3 Study: *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 43(7):1220-1228. <https://europepmc.org/article/med/21131869>
 5. Bertin, N., Fauconnier, I., Kozon, B., Vandenhole, S., Leleu, N., & Fontaine, P. (2015). PP03 Remise à l'activité physique dans le diabète de type 2: une collaboration entre fédération sportive et cliniciens. *Diabetes & Metabolism*, 41, A127. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1262363615304791>
 6. Bosomworth, N. John (2019). Obstacles aux interventions cliniques liées à l'activité physique dans le traitement des maladies cardiométaboliques. *Canadian Family Physician*, 65(3), 79- 86. <https://www.cfp.ca/content/65/3/e79.short>
 7. Chenna, M., & Sahraoui, I. E. (2013). *La qualité de vie chez les femmes atteintes d'un cancer du sein avec ablation* (Doctoral dissertation, Université de Bejaia). <http://www.univ-bejaia.dz/xmlui/handle/123456789/5890>
 8. Chibane, S. (2010). *Les dimensions corporelles en tant que critère de sélection des jeunes footballeurs algériens de 15-16 ans (U-17)* (Doctoral dissertation, Lyon 1). <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00812012/>
 9. Davinroy, A. (2016). *Analyse du processus d'intervention d'un programme "activités physiques adaptées et qualité de vie" chez des femmes âgées de 60 à 75 ans* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine). <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01825093>

10. Fehaima, S. (2016-2017) Qualité de vie et diabète [Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention du Diplôme de Docteur en médecine]. CHU Tlemcen-service de médecine interne; Année universitaire, Tlemcen.
11. Fitzpatrick R., Fletcher A., Gore S., Jones D., Spiegelhalter D., & Cox D. (1992). "Quality of life Measures and health care. I: Applications and issues in assessment". *Brit. Med. Journ.*, 305(6861), 1074-1077. <https://www.bmj.com/content/305/6861/1074.short>
12. Fox K. R., Stathi A., McKenna J., Davis M. G. (2007). Physical Activity and mental well-being in older people participating in the Better Ageing Project. *Eur J Appl Physiol*, 100, 591-602. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-007-0392-0>
13. Kengne T. G. E. (2009). *Evaluation de l'impact de l'activité physique dans le traitement du diabète de type 2*. Thèse, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie du Mali. Bamako. <https://www.jstm.org/wp-content/uploads/2018/01/EVALUATION-DE-L%E2%80%99IMPACT-DE-L%E2%80%99ACTIVITE-PHYSIQUE-DANS-LE-TRAITEMENT-DU-DIABETE-DE-TYPE-2.pdf>
14. Modarressi Ghavami, S. A. (2008). *Les bénéfices de la chirurgie plastique des séquelles de la chirurgie bariatrique sur la qualité de vie* (Doctoral dissertation, University of Geneva). <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:618/THESIS>
15. Reed, S. D., Guthrie, K. A., Newton, K. M., Anderson, G. L., Booth-LaForce, C., Caan, B., ... LaCroix, A. Z. (2014). Menopausal quality of life: RCT of yoga, exercise, and omega-3 supplements. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 210(3), 244.1-11. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24215858/>
16. Timotin, L. (2012). *Impact des comorbidités, de la qualité du sommeil et de la fragilité psycho-sociale sur la qualité de vie des personnes âgées* (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat en médecine. Université Joseph Fourier Grenoble, France). <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00708276/document>
17. Trochu, J. N. (2014). Assistance circulatoire prolongée: retour à domicile et qualité de vie. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 198(7), 1345-1351. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001407919312294>
18. Vagetti, G. C., Barbosa Filho, V. C., Moreira, N. B., Oliveira, V. D., Mazzardo, O., & Campos, W. D. (2014). Association between physical activity and quality of life in the elderly: a systematic review, 2000-2012. *Brazilian Journal of Psychiatry*, 36, 76-88.

<https://www.scielo.br/j/rbp/a/X7JjPbtkmny7zTZZDxjb47Q/abstract/?lang=en>

19. Vagetti, G. C., Barbosa, F. V., Moreira, N. B., de Oliveira, V., Mazzardo, O., & De Campos, W. (2015). The Association Between Physical Activity and Quality of Life Domains Among Older Women. *Journal of Aging and Physical Activity*, 23(4), 524–533.
20. Walther, G., Vinet, A., Inserm, E. C., & Physique, A. (2020). Traitement et prévention du diabète de type 2 par l'activité physique: recommandations 2019 de l'expertise collective de l'inserm. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 34(1), 49-50. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0985056220303587>
21. Younsi, R., Arrab, R., Ouazar, M. A., Belkhou, A., & El Hassani, S. (2007). Evaluation de la qualité de vie des patients atteints de polyarthrite rhumatoïde : Etude transversale de 80 cas dans la région de Marrakech. *Revue du rhumatisme*, 74(10-11), 1053. <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-56842fb1-1a7e-388a-9cf6-d088a8c47227>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Caractéristiques Physico-chimiques de L'eau de Coco Immature de Six Descendances Hybrides F1 NJM x GVT

Kodjo Noëlle Françoise

Chercheur à Université Péléforo Gon Coulibaly, Sciences Biologiques, Korhogo, Côte d'Ivoire

Akpro Lathro Anselme

Docteur en Nutrition et Sécurité Alimentaire, Laboratoire de nutrition et Sécurité Alimentaire, UFR des Sciences et Technologies des Aliments, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

Saraka Didier Martial

Enseignant chercheur à Université Péléforo Gon Coulibaly, Sciences Biologiques, Korhogo, Cote d'Ivoire

Konan Jean Louis

Maitre de recherche au CNRA, Station Marc Delorme, Programme Cocotier, Abidjan, Côte d'Ivoire

Niamké Ahonzo Sebastien L.

Professeur à Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire de Biotechnologies, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p60](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p60)

Submitted: 11 July 2022

Accepted: 18 April 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Kodjo N.F., Akpro L.A, Sarka D.m., Konan J.L. & Niamké A.S.I. .(2022). *Caractéristiques Physico-chimiques de L'eau de Coco Immature de Six Descendances Hybrides F1 NJM x GVT*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 60.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p60>

Résumé

L'hybride F1 NJM x GVT est un cocotier créé pour lutter contre la maladie du jaunissement mortel du cocotier. Cet hybride a été montré tolérant à la maladie du jaunissement mortel du Ghana. Cependant, planté dans les conditions agro-climatiques de la Côte d'Ivoire, il a été peu étudié au plan biochimique. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques de l'eau des noix immatures de cocotier issues des descendances d2, d3, d6, d7, d11 et d15 de l'hybride F1 NJM x GVT. Ainsi, ont été déterminés, la masse de l'eau des noix et ses teneurs en matière sèche,

condres, degré Brix, sucres totaux, sucres réducteurs, protéines et composés phénoliques à l'aide de méthodes standards. Les résultats obtenus montrent que les masses de l'eau et le degré Brix ont des valeurs plus importantes pour les descendances d2, d6 et d7. Quant aux eaux des descendances d3, d11 et d15, elles présentent des taux élevés de sucres totaux et de composés phénoliques. Cette hétérogénéité des paramètres physico-chimique de l'eau, offre un large éventail de choix de transformation au plan industriel (boisson, sirop, etc.).
Mots clés : eau de coco, descendances, hybride NJM x GVT, caractéristiques physico-chimiques, jaunissement mortel, Côte d'Ivoire.

Mots clés : Eau de coco, descendances, hybride NJM x GVT, caractéristiques physico-chimiques, jaunissement mortel, Côte d'Ivoire

Physico-chemical Characteristic of Immature Coconut Water from Six Hybrids Progenies F1 NJM x GVT

Kodjo Noëlle Françoise

Chercheur à Université Péléforo Gon Coulibaly, Sciences Biologiques, Korhogo, Côte d'Ivoire

Akpro Lathro Anselme

Docteur en Nutrition et Sécurité Alimentaire, Laboratoire de nutrition et Sécurité Alimentaire, UFR des Sciences et Technologies des Aliments, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

Saraka Didier Martial

Enseignant chercheur à Université Péléforo Gon Coulibaly, Sciences Biologiques, Korhogo, Côte d'Ivoire

Konan Jean Louis

Maitre de recherche au CNRA, Station Marc Delorme, Programme Cocotier, Abidjan, Côte d'Ivoire

Niamké Ahonzo Sebastien L.

Professeur à Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire de Biotechnologies, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

The F1 NJM x GVT hybrid is a coconut palm tree created to lethal yellowing disease. This hybrid has been shown to be tolerant of lethal yellowing disease of Ghana. However, planted under the agro-climatic conditions of the Ivory Coast, it has been little biochemical studied. The present study aims to characterize nutritive composites of immature coconut water from progeny d2, d3, d6, d7, d11 and d15 of F1 NJM x GVT hybrid. Thus, the contents of dry matter, ash, Brix degree, total sugars, reducing sugars,

proteins, phenolic compounds and coconut water weight, were determined by standard analysis methods. The results obtained show higher values of coconut water weight and Brix degree in the group of progeny d2, d6 and d7. As for progeny d3, d11 and d15 they have high levels of total sugars and phenolic compounds. This heterogeneity of the nutritive parameters, offers a lot of choices in coconut transformation (drink, syrup, etc.).

Keywords: Coconut water, physicochemical traits, F1 MYD x VTT coconut progenies, lethal yellowing (LY), Ivory Coast

Introduction

Le cocotier (*Cocos nucifera* L.) est un arbre très apprécié pour ses multiples potentialités (Assa et al., 2006). En effet, il présente une large gamme d'utilisation (Amenan, 2012). Cependant, la filière nucicole mondiale est confrontée à de nombreuses difficultés qui provoquent une baisse de la productivité. Cette baisse de la productivité du cocotier est principalement liée à la maladie du Jaunissement Mortel (JM) (Koffi, 2016). Maladie à phytoplasme, le JM conduit à la dévastation de plusieurs milliers d'hectares de cocotiers dans le monde (Allou., 2014). Toutefois, la banque de gènes de cocotier de Côte d'Ivoire baptisée "Collection Internationale pour l'Afrique et l'Océan Indien" reste encore indemne vis-à-vis de la maladie grâce à l'efficacité de la surveillance phytosanitaire réalisée par le programme cocotier du CNRA (N'goran 2013 et Yao 2014).

Pour endiguer cette maladie, la recherche s'est orientée vers la lutte génétique au vu des limites de la lutte chimique. Cette lutte génétique permet l'identification et/ou la création de variétés tolérantes avec une bonne productivité en noix (Kodjo *et al.*, 2016). Ainsi, des essais de tolérance ont permis d'identifier le Nain Vert Sri-lanka (NVS) et le Grand de Vanuatu (GVT). Ces dernières variétés, provenant de la collection ivoirienne, ont été tolérants en zone endémique ghanéenne dans les années 1980 (Sangaré *et al.*, 1992). Dans le but de créer des hybrides à la fois tolérants à la maladie du JM et productifs, le cultivar "Nain Jaune de Malaisie" (NJM) a été utilisé comme arbre mère en croisement avec le GVT vu les grandes potentialités agronomiques que présente le NJM contrairement au NVS. Cela a permis la création en Côte d'Ivoire d'une première génération d'hybrides F1 NJM x GVT, issus du croisement entre les meilleurs pollinisateurs identifiés au sein de la population de cocotiers GVT (Kodjo, 2017). L'hybride F1 NJM x GVT obtenu s'est avéré tolérant vis-à-vis de la souche pathogène du phytoplasme causant la maladie du JM au Ghana (Dary *et al.*, 2005, Quaicoe *et al.*, 2009).

Des études préalables ont permis de connaître les caractéristiques agromorphologiques (Koffi *et al.*, 2013) et physico-chimiques (noix et albumen mature) (Kodjo *et al.*, 2016) des descendance hybrides F1 NJM x GVT

cultivées dans les conditions agro-climatiques de la Côte d'Ivoire. Il ressort plusieurs morphotypes en fonction du caractère étudié. Cependant, les caractéristiques physico-chimiques de l'eau des noix sont encore méconnues. Mieux encore, cet hybride ne pourrait-il pas présenter des composantes nutritives intéressantes pour la nutrition et la technologie alimentaire ? Cette étude se propose donc d'évaluer quelques paramètres physico-chimiques de l'eau des noix immatures des différents cultivars de l'hybride de cocotier F1 NJM x GVT. Cela pourrait fournir des indicateurs pouvant susciter une meilleure valorisation de cette nouvelle variété.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Les travaux ont été réalisés sur des noix immatures âgées de 8 mois. Ces noix ont été récoltées sur 24 cocotiers de six descendances (soit quatre cocotiers par descendance) de l'hybride de cocotier F1 NJM x GVT codées d2, d3, d6, d7, d11 et d15. Ces cocotiers âgés de 9 ans lors de cette étude ont été plantés suivant un dispositif en bloc complet randomisé avec 6 répétitions. Les noix ont été récoltées sur la parcelle expérimentale n°034 de la station Marc Delorme du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA).

Méthodes

Echantillonnage des noix de coco

Par descendance, quatre arbres sains et productifs ont été sélectionnés au hasard. Au total, 24 arbres ont été utilisés dans cette étude. Sur chacun des arbres, quatre noix immatures âgées de 8 mois ont été aléatoirement choisies puis récoltées. Immédiatement transportées au laboratoire, les 96 noix immatures sélectionnées ont été traitées dans un délai de moins de 24 heures. Le traitement a principalement porté sur les analyses physicochimiques de l'eau des noix. Le délai de moins de 24 heures de traitement est pour éviter la dénaturation de l'eau de coco.

Analyse physico-chimique de l'eau des noix immatures

La noix entière a été pesée puis déburrée à l'aide d'un pieu métallique. L'eau de chaque noix de coco a été isolée et pesée à l'aide d'une balance électronique (Sartorius, Washington, USA). Avec l'eau recueillie dans un bécher, la teneur en Degré Brix a été déterminée à partir d'un réfractomètre suivant une lecture directe (AFNOR, 1991). Quant à la teneur en matière sèche de l'eau, elle a été évaluée par lyophilisation à une température de -60°C , sous une pression de 8,5 millibars pendant 72 h (Akpro, 2019). La teneur en matière minérale de l'eau de la noix de coco a été évaluée au four à moufle à 550°C pendant 24 h (AOAC, 1980). Les teneurs en sucres totaux et en sucres réducteurs de l'eau de coco ont été déterminées respectivement par la méthode

au phénol-sulfurique (Dubois et al., 1956) et par celle au Dinitro-salicylate (Bernfeld, 1955). Concernant le dosage des polyphénols totaux de l'eau de coco, il a été effectué selon la méthode de Singleton et Rossi (1965). Enfin, le dosage des protéines a été réalisé par la méthode de Lowry et al. (1951).

Analyses statistiques

Les données obtenues ont été analysées avec le logiciel Statistica version 7.1 (Statsoft France, 2005). Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis, intégrant de multiples comparaisons de groupes au seuil de 5 %, a été utilisé pour comparer les descendances hybrides suivant chacune des caractéristiques physico-chimiques de l'eau des noix immatures de coco. Une analyse de classification hiérarchique ascendante (CHA) basée sur la méthode de Ward a été effectuée pour générer un dendrogramme qui a montré les relations entre les descendances hybrides étudiées. Une analyse discriminante à partir du test de Shapiro-Wilk au seuil de 5 % a été réalisée pour tester la robustesse des groupes préalablement établis à partir du CHA.

Résultats

Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des noix immatures

Le **tableau 1** récapitule les caractéristiques physico-chimiques de l'eau des noix des descendances hybrides étudiées. Les variations des masses de l'eau de la noix de coco des descendances sont significatives. En effet, la masse de l'eau des noix de la descendance hybride d15 est significativement faible ($250,00 \pm 6,24$ g) contrairement à celles des descendances hybrides d2 ($440,66 \pm 9,01$ g), d6 ($426,33 \pm 4,72$ g) et d7 ($466,66 \pm 3,78$ g) qui sont significativement élevées avec une similitude entre les valeurs. Quant aux descendances hybrides d3 et d11, elles montrent des masses d'eau de coco similaire et moins importante avec des valeurs respectives de $317,00 \pm 7,54$ g et $327,66 \pm 5,13$ g.

Les proportions de l'eau de la noix de coco par rapport à la noix entière ont permis de subdiviser les descendances hybrides en deux entités. Il y a la descendance (d2) qui montre une proportion élevée (28,59 %) en eau de coco par rapport à la noix entière et les descendances hybrides (d3, d6, d7, d11 et d15) qui présentent une faible proportion (19,66 %) en eau de coco (Figure 1).

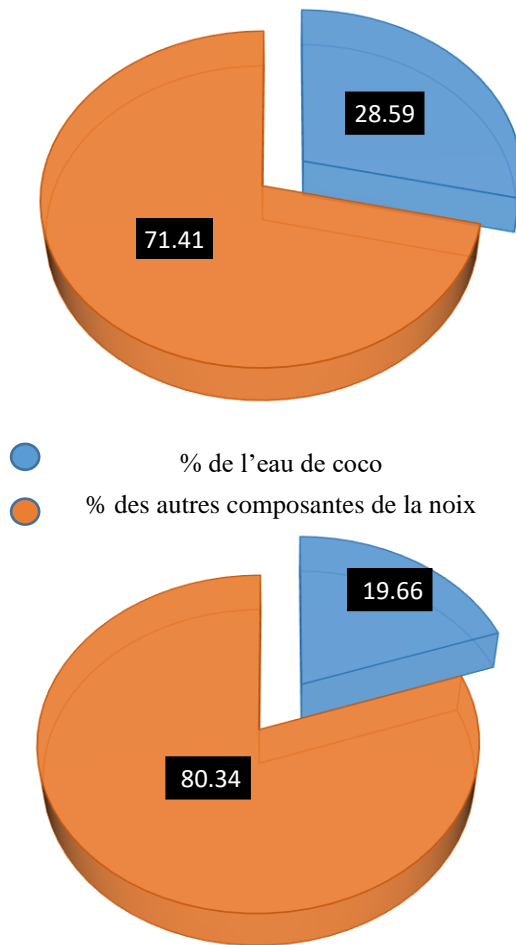


Figure 1. Proportion moyenne de l'eau de coco des descendance hybrides étudiées NJM x GVT

Les analyses statistiques des valeurs du degré Brix de l'eau des noix immatures ont montré que l'eau des noix de coco de la descendance hybride d2 ($6,30 \pm 0,14$ %) présentent les valeurs statistiquement plus élevées. Quant à la descendance hybride d11, elle enregistre la plus faible valeur avec une eau contenant 5 % de degré Brix. Par contre l'eau des noix de coco issues des descendance hybrides d3, d6, d7 et d15 donne respectivement des valeurs intermédiaires de 5,50 %, 5,20 %, 5,15 % et 5,30 % de degré Brix (**Tableau 1**).

Le pourcentage de matière sèche de l'eau des noix immatures des descendance hybrides d3 ($7,44 \pm 0,36$ %) ; d6 ($7,68 \pm 0,72$ %) et d2 ($7,44 \pm$

0,39 %) sont significativement plus élevées que celles des descendance hybrides d11 ($5,68 \pm 0,04$ %) ; d7 ($5,89 \pm 0,35$ %) et d15 ($5,63 \pm 0,02$ %) qui présentent des valeurs significativement faibles (**Tableau 1**).

La fraction minérale de l'eau de la noix immature ne révèle pas de différence significative entre les descendance hybrides étudiées. Les pourcentages de cendres obtenus sont de $0,68 \pm 0,05$ % (d2) ; $0,60 \pm 0,03$ % (d3) ; $0,66 \pm 0,02$ % (d6) ; $0,68 \pm 0,03$ % (d7) ; $0,60 \pm 0,05$ % (d11) et $0,61 \pm 0,07$ % (d15) (**Tableau 1**).

La teneur en sucres totaux de l'eau des noix immatures de la descendance hybride d3 ($31,29 \pm 3,25$ mg/ml) est statistiquement plus élevée que celle des cinq autres descendance. Ces derniers hybrides que sont d2 ($25,87 \pm 0,02$ mg/ml), d6 ($25,14 \pm 0,02$ mg/ml), d7 ($25,48 \pm 0,07$ mg/ml), d11 ($26,18 \pm 0,02$ mg/ml) et d15 ($26,80 \pm 0,15$ mg/ml) renferment les plus faibles teneurs en sucres totaux qui sont par ailleurs identiques (**Tableau 1**).

Concernant les sucres réducteurs, la valeur la plus élevée est donnée par l'hybride d6 ($12,26 \pm 0,02$ mg/ml) contrairement aux cinq autres. Ces dernières possèdent statistiquement les plus faibles teneurs qui sont comprise entre 9,72 et 12,02 mg/ml (**Tableau 1**).

Les tests statistiques effectués sur les teneurs en polyphénols totaux de l'eau de coco des noix immatures ont permis de montrer que la descendance hybride d15 ($0,22 \pm 0,00$ mg/ml), produit une eau de coco plus riche en polyphénols, contrairement au descendance hybride d6 ($0,16 \pm 0,01$ mg/ml). Les teneurs intermédiaires en polyphénols totaux sont enregistrées par l'eau des noix de coco des descendance hybrides d3 ($0,20 \pm 0,00$ mg/ml), d2 ($0,19 \pm 0,01$ mg/ml), d11 ($0,21 \pm 0,00$ mg/ml) et d7 ($0,18 \pm 0,00$ mg/ml) (**Tableau 1**).

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des noix immatures des descendances hybrides NJM x GVT

Paramètres	Moyenne ± écart type (Descendants)						p
	d2	d3	d6	d7	d11	d15	
ME (g)	440,66 ± 9,01 ^a	317,00 ± 7,54 ^{ab}	426,33 ± 4,72 ^a	466,66 ± 3,78 ^a	327,66 ± 5,13 ^{ab}	250,00 ± 6,24 ^b	0,031
DBrix	6,30 ± 0,14 ^a	5,50 ± 0,38 ^{ab}	5,20 ± 0,00 ^{ab}	5,15 ± 0,06 ^{ab}	5,00 ± 0,00 ^b	5,30 ± 0,34 ^{ab}	< 0,001
MS (%)	7,68 ± 0,72 ^a	7,44 ± 0,36 ^a	7,44 ± 0,39 ^a	5,89 ± 0,35 ^b	5,68 ± 0,04 ^b	5,63 ± 0,02 ^b	0,001
CE (%)	0,68 ± 0,05 ^a	0,60 ± 0,03 ^a	0,66 ± 0,02 ^a	0,68 ± 0,03 ^a	0,60 ± 0,05 ^a	0,61 ± 0,07 ^a	0,053
ST (mg/ml)	25,87 ± 0,02 ^b	31,29 ± 3,25 ^a	25,14 ± 0,02 ^b	25,48 ± 0,07 ^b	26,18 ± 0,02 ^b	26,80 ± 0,15 ^b	0,035
SR (mg/ml)	11,80 ± 0,01 ^b	9,93 ± 0,02 ^b	12,26 ± 0,02 ^a	12,02 ± 0,03 ^b	9,72 ± 0,00 ^b	10,10 ± 0,02 ^b	0,030
CP (mg/ml)	0,19 ± 0,01 ^{ab}	0,20 ± 0,00 ^{ab}	0,16 ± 0,01 ^b	0,18 ± 0,00 ^{ab}	0,21 ± 0,00 ^{ab}	0,22 ± 0,00 ^a	0,001
TP (mg/ml)	3,85 ± 0,02 ^a	2,53 ± 0,04 ^b	3,60 ± 0,04 ^b	3,70 ± 0,01 ^b	2,64 ± 0,02 ^b	2,52 ± 0,02 ^b	0,031

Dans une même ligne, les valeurs moyennes indexées de la même lettre sont statistiquement égales au seuil de probabilité 5 %, ME : masse l'eau de coco ; DBrix : degré Brix ; MS : matière sèche de ; CE : cendre de l'eau de coco ; ST : sucres totaux ; SR : sucres réducteurs ; CP : teneur en composés phénoliques ; TP : Teneur en protéines ; P : valeur de la probabilité associée au test non paramétrique de Kruskal - Wallis

Structure de la variabilité des paramètres physico-chimiques de l'eau des noix des descendances hybrides F1 NJM x GVT

Les analyses de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) identifient deux groupes de descendances hybrides, à la distance euclidienne de 20 (**Figure 2**). Le premier groupe comporte les descendances d2, d6 et d7, alors que le second groupe regroupe les individus d11, d15 et d3. L'analyse factorielle discriminante (AFD) réalisée sur la base de la répartition préalablement définie par la CAH, détermine les caractères qui permettent de mieux décrire la variabilité entre ces deux groupes (**Tableau 2**).

De même, l'AFD a permis de distinguer des groupes grâce à trois paramètres physico-chimiques de l'eau de la noix immature. Ces trois paramètres sont la teneur en protéines (TP), en sucres réducteurs (SR) et en composés phénoliques totaux (CPT). Ainsi, le groupe 1(d2, d6 et d7) se caractérise par une forte teneur en sucres réducteurs, en protéines et une faible

teneur en composées phénoliques. Par contre, le groupe 2 (d11, d15 et d3) exprime des faibles teneurs en sucres réducteurs, en protéines et une forte teneur en composées phénoliques.

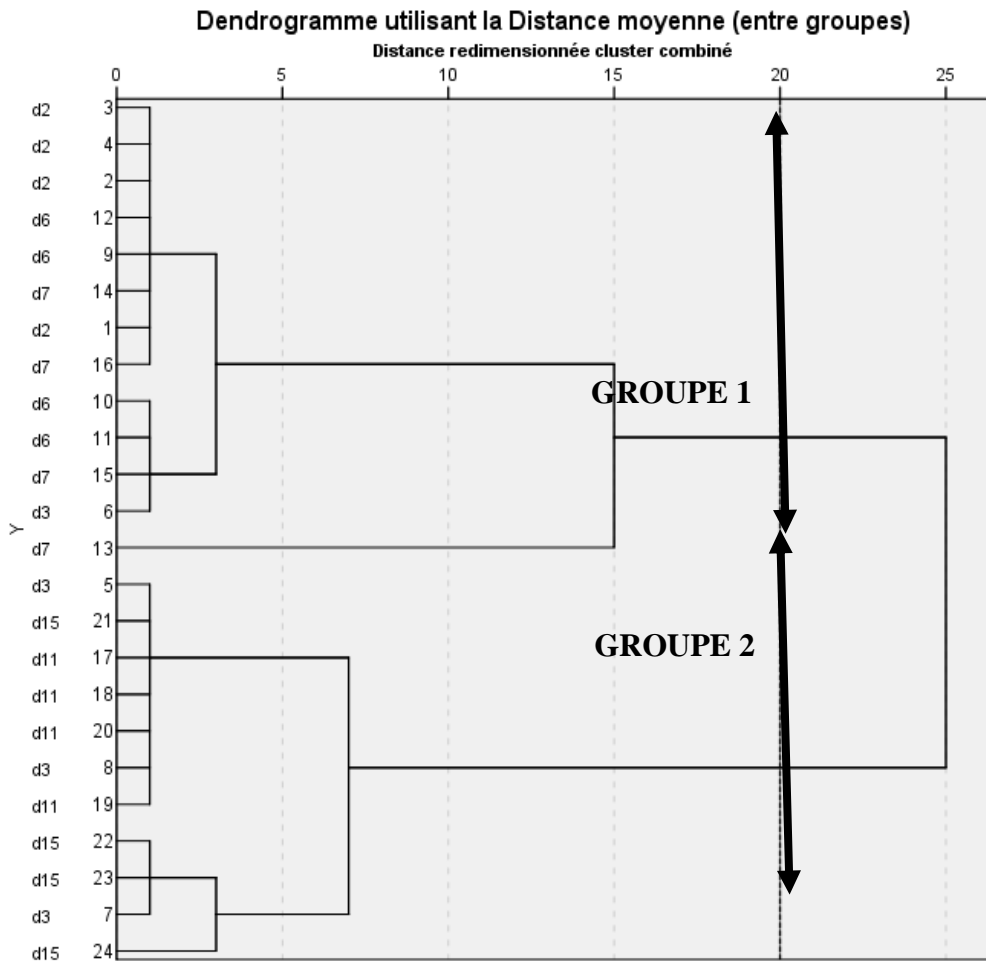


Figure 1. Classification Ascendante Hiérarchique des descendants hybrides F1 NJM x GVT en fonction des caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la noix de coco immature

Tableau 2. Coefficients centrée réduits des fonctions canoniques discriminantes et analyse discriminante basée sur les caractères physicochimiques de l'eau des noix des descendances hybrides de cocotier

Variables (Unité SI)	Coefficients Centrés-réduits		λ-Wilk	F (1,12)	P	Tolérance	1-Tolérance (R ²)
	Facteur 1						
TP	2,707*		0,025	496,639	< 0,001	0,131	0,869
SR	2,243*		0,010	183,924	< 0,001	0,179	0,821
CP	-0,747*		0,001	7,747	< 0,001	0,501	0,499

TP. Teneur en protéines, SR. Teneur en sucre réducteur, CP. Teneur en composé phénolique totaux

Discussion

La différence de masse de l'eau des noix de coco chez les descendances hybrides pourrait s'expliquer par la variation du volume des noix sur la même grappe, mais aussi par la mise en place de l'albumen. En effet, l'albumen de la noix de coco qui se forme progressivement à partir de six mois d'âge (Assa, 2007) est plus amorcé chez le groupe des descendances d2, d6 et d7. Ce phénomène est aussi à la base des valeurs de degré Brix (solide soluble) supérieures dans le même groupe des descendances d2, d6 et d7. En fait, les sucres solubles constituant la quasi-totalité des solides solubles sont utilisés pour la formation de l'albumen (Konan, 2015). Alors, les noix issues de ces descendances (d2, d6 et d7) auraient mobilisé plus de substances lors des réactions métaboliques conduisant à la formation de l'albumen.

Par ailleurs, les résultats de cette étude ont montré une structuration de la variabilité des descendances hybrides étudiées suivant les variables physico-chimiques de l'eau des noix, mettant en évidence deux groupes de descendances. Deux réalités biologiques importantes pourraient être ainsi prises en compte dans l'amélioration de l'hybride NJM x GVT. Les gènes à l'origine de la variabilité apparue entre les descendances d2, d3, d6, d7, d11 et d15 proviendraient essentiellement des six géniteurs mâles GVT hétérozygotes utilisés étant donné que le géniteur femelle NJM est homozygote. En effet, les travaux de diversité moléculaire entrepris par Konan et al. (2011) et Konan et al. (2013) ont montré que les cultivars de cocotier « Grand » sont diversifiés avec un taux d'hétérozygotie supérieur à celui de type « Nain ». Une telle variabilité observée entre les descendances suivant les variables physico-chimiques pourrait traduire diverses sources de tolérance à la maladie du Jaunissement Mortel comme rapporté par Koffi et al. (2013). La structuration des descendances hybrides étudiées est différente de celle mise en évidence par Koffi et al. (2013) mais identique à celle de Kodjo et al. (2016). Cependant, la non superposition des mêmes descendances étudiées se justifierait par le fait que les caractères étudiés dans les trois études sont différents. Ainsi, les

caractéristiques de l'eau de coco se révèlent utiles dans la discrimination des descendances hybrides étudiées. Elles apportent donc une information complémentaire et non identique aux caractéristiques agro-morphologiques et physico-chimiques de l'albumen. Cela invite les améliorateurs à considérer certains critères technologiques pour affiner la sélection variétale chez le cocotier. De même, cette information offre un éventail de choix aux sélectionneurs. Ils pourront ainsi s'intéresser à remédier à certains caractères de ces descendances hybrides en les améliorant. Ce qui permettra de satisfaire les acquéreurs suivant leur besoin de valorisation de l'eau, de l'albumen et de l'huile de coco. En effet, dans cette étude, aucune descendance ne s'est démarquée. Cependant, la teneur élevée en sucres étant un critère d'appréciation et de bonne qualité de l'eau (Assa, 2007), le groupe de la descendance d3, d6 et d7 seraient plus appréciés par les consommateurs et les structures industrielles.

Conclusion

Cette étude a été effectuée en vue de déterminer les caractéristiques physicochimiques de l'eau des noix de coco de six descendances hybride F1 NJM x GVT. Les résultats obtenus montrent que les variables physicochimiques de l'eau de coco immature ont discriminé les descendances hybrides en deux groupes. Il y a le premier groupe des descendances hybrides que sont d2, d7 et d6 qui contiennent une eau riche en sucres (4,35 %) et en protéines (28,01 %). Le second groupe est constitué des descendances hybrides d3, d11 et d15, toutes contenant une eau dépourvue en sucres et protéines. L'hétérogénéité des paramètres de l'eau des noix immatures, des descendances hybride F1 NJM x GVT, offre une large gamme de choix aux sélectionneurs pour la création d'un hybride ayant une bonne potentialité de transformation industrielle.

References:

1. AFNOR (Association française de normalisation), 1991.- Recueil des normes françaises d'agro-alimentaire, Paris la défense, France, 159 p.
2. Akpro L. A., 2019. Elaboration et caractérisation physico-chimiques et nutritionnelles de sucres issus de l'eau des noix immatures des variétés de cocotiers (*Cocos nucifera* L.). Thèse de doctorat unique de l'université nangui abrogoua. Abidjan Cote d'Ivoire. P 182.
3. Allou K., 2014. Assessment in Côte d'Ivoire of the agronomic performance of the Malayan Yellow Dwarf x Vanuatu Tall coconut (*Cocos nucifera*L.) hybrid tolerant to lethal yellowing disease of Ghana. *J. of Research in Biol.*, 4 (5) : 001-014.
4. Amenan Y. A., Atcham A. T., Pohe J., D'Almeida M. A. & Zama P., 2012. – Association d'organismes de type mycoplasme avec le

- deperissement mortel des cocotiers de Grand-Lahou en Côte d'Ivoire. *Int J of Biol and ChemSci*, 6 (3) ; 959-984
5. AOAC., 1980.- Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists Ed, Washington D.C, USA. 1038 p.
 6. Assa R. R., Konan Konan J. L., Prades A., Agbo N. & Sie S. R., 2006. - Diagnostic de la cocoteraie paysanne du littoral ivoirien. *Sci. et Nat.*, 3 (2): 113-120.
 7. Assa Rebecca R., 2007.- Diagnostic de la cocoteraie paysanne du littoral ivoirien : étude physico-chimique, microbiologique et organoleptique de l'eau et de l'amande des fruits de quatre cultivars du cocotier (*Cocos nucifera*L.) selon les stades de maturité. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 188 p.
 8. Bernfeld P., 1955.- Amylase α and β (Assay method) in methods in enzymology I, Colowick and Kaplan, Ed., Academic Press, New York, USA, pp 149-154.
 9. Déry S. K., Owusu Nipah J., Andoh-Mensah E., Nuertey B. N., Nkansah-Poku J., Arthur R. & Philippe R., 2005. – On farm evaluation of the coconut hybrid Malayan yellow dwarf x Vanuatu tall for tolerance to the lethal yellowing disease of coconut in Ghana Cord, 21 (1): 50-56.
 10. Dubois M., Gilles K., Hamilton J., Rebers P. & Smith F., 1956.- Colorimetric methods for determination of sugars and related substances, *Analyt. Chem.*, 28: 350-356.
 11. Kodjo N. F., Konan J. L., Yao S. D. M., Deffan A. B. Z., Koffi E. B. Z. & Niamké S., 2016 - Physicochemical characteristics of mature kernel from six progenies of coconut (*Cocos nucifera* L.) hybrid F1 Malayan Yellow Dwarf x Vanuatu Tall tolerant to lethal yellowing disease of Ghana. *Int J of applied boil and pharmaceutical technology*; 7 (2): 0976-4550
 12. Kodjo N. F., 2017.- Caractéristiques physico-chimiques des noix de l'hybride de cocotier (*Cocos nucifera* L.) NJM x GVT et de ses sous populations tolérants à la maladie du jaunissement mortel du Ghana. Thèse de doctorat unique de l'université Felix Houphouët Boigny, Abidjan Côte d'Ivoire. P 116.
 13. Koffi E. B., Konan J. L., Issali A., Lekadou T., Bourdeix R., Allou K. & Zoro BI A., 2013.- Evaluation de la diversité agromorphologique des descendances hybrides de cocotiers (*Cocos nucifera*L.) Nain Jaune Malaisie x Grand Vanuatu en Côte d'Ivoire. *Int J of Biol and ChemSci*, 7: 507-522.

14. Konan N. Y., 2015.- Valorisation de la sève du cocotier (*Cocos nucifera*L.) en Côte d'Ivoire : évaluation de la production et caractérisation physico-chimique de la sève d'inflorescences de quatre cultivars de cocotier. Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 170 p.
15. Konan J. L., Allou K., Diallo-Atta H., Yao S. D. M., Koua B., Kouassi N., Benabid R., Michelutti R., Scott J. & Arocha R., 2013.- First report of the molecular identification of the phytoplasma associated with a lethal yellowing-type disease of coconut palm in Côte d'Ivoire. *New Disease Report* 28:3-4.
16. Konan K. J. N., Koffi K. E., Konan K. J. L. & Konan K. E., 2011. - Microsatellite gene diversity with in Philippines dwarf coconut palm (*Coco nucifera* L.) resources at Port-Bouet, Côte d'Ivoire. *Scient. Res. and Ess.* 6 (28), pp. 5986-5992.
17. Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farrad & Randall R. J., 1951.- Protein measurement with folin-phenol reagent. *J. of Biol. Chem.*, 193: 265-275.
18. N'goran B., Allou K., Konan J. L., Kouassi N., Lekadou L. & Yoro G. R., 2013.- Comment freiner la propagation de l'affection provoquant la mortalité du cocotier dans le département de Grand-Lahou. Fiche technique sur le cocotier, Direction de la Recherche Scientifique et de l'Appui au Développement-DISI, CNRA, Côte d'Ivoire, 4p.
19. Quaicoe R. N., Déry S. K., Philippe R., Baudouin L., Nipah J. O., Nkansah-Poku J, Arthur R., Dare D., Yankey E. N., Pilet F. & Dollet M., 2009.- Resistance screening trials on coconut varieties to Cape Saint Paul Wilt Disease in Ghana. *OCI.* 16 (2) : 132-136.
20. Sangaré A., De Taffin G., De Franqueville H., Arkhust E.D. & Pomier M., 1992. – Le jaunissement mortel du cocotier au Ghana. Premier résultats sur le comportement au champ du matériel végétal. *Oléagineux* 47 (12): 699-704.
21. Singleton V. L. & Rossi J. A., 1965. -Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *Food Microbiology* 5: 144-158.
22. StatSoft France, 2005.- Statistica, logiciel d'analyse de données version 7.1. www.statsoft.fr.
23. Yao S. D. M. 2014.- Impact de la régénération de la collection internationale de cocotier (*Cocos nucifera*L.) pour l'Afrique et l'Océan indien sur la diversité agromorphologique et moléculaire. Thèse de Doctorat de l'Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire ; 162 p.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Germination Stage Screening of Mutants of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) to Salinity Tolerance

Ndeye Fatou Deme

Laboratoire de Biotechnologies des Champignons,
Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques,
Université Cheikh Anta Diop, Dakar-Fann, Sénégal

Mouhamadou Moussa Diangar

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), ISRA CNRA de
Bambey, Member of the Center of Excellence of CERAAS, Thies, Senegal

Mohd Yusuf Rafii

Laboratory of Climate-Smart Food Crop Production, Institute of Tropical
Agriculture and Food Security, Universiti Putra Malaysia, Serdang,
Selangor, Malaysia

Mame Arama Fall-Ndiaye

Tahir Abdoulaye Diop

Laboratoire de Biotechnologies des Champignons, Département de Biologie
Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop,
Dakar-Fann, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p73](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p73)

Submitted: 08 March 2021

Accepted: 08 June 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Deme N.F., Diangar M.M., Rafi M.Y., Fall-Ndiaye M.A. & Diop T.A.(2022). *Germination Stage Screening of Mutants of Cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) to Salinity Tolerance*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 73. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p73>

Abstract

To test the tolerance of cowpea mutants to salinity, cowpea wilds and mutants were subjected to 50, 100, 150, 200, and 250 mM NaCl to test for tolerance to salinity. Genotype and salt concentration interaction were significant. GxS explained mostly the variation observed. More informative salt concentrations were found in 50 mM (99.08) and C100 mM (72.50) against 26.80 in the control environment. High salt concentrations had the lowest germination rates. Seed germination rate of cowpea genotypes decreased from 56.46 to 20.58 with a mean of 36.28 and a variance of 99.08. Despite strong correlations observed between indices, very weak ones were

found between AD and STI, -0.02, -0.44, -0.7, -0.79 and -0.84 respectively at salt concentration of 50, 100, 150, 200 and 250. Mouride wild types were most tolerant to salt with a germination rate of 43 % at 50 mM versus 48 and 551 % for respectively Melakh and Yacine. Six (6) mutants were more tolerant to the weakest checks performance which was the 9th best performance.

Keywords: Cowpea mutants, NaCl tolerance, Germination

Introduction

Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) also called niebe in francophone countries in Africa is a leguminous crop with high protein content belonging to Fabaceae family (Verdcourt, 1970). Cowpea grows in various agro-ecological zones and plays an important role in human and animal feeding and in the improvement of soil fertility by fixing atmospheric nitrogen (Ndiaye, 2015; Erana Kebede & Zelalem Bekeko, 2020).

Sixty-four percent of the world production occurs in Nigeria, while Senegal is among the least countries producing cowpea in West Africa (Timko et al., 2007; Olufajo, 2012). Despite its importance in tropical zones, cowpea cultivation is often affected by various biotic and abiotic stresses among which salinity is a major constraint. In fact, salinity is a growing threat to various crops including cowpea and causing losses up to US\$12 billion in world agricultural production (Zhang et al., 2012; Bose et al., 2013; Gupta et al., 2014). It affects germination, growth, and development of cowpea limiting its productivity by destroying various molecular, physiological, and biochemical pathways (Parida et al., 2004; Ashraf & Foolad, 2007; Kendirli et al., 2005; Tiwari et al., 2010; Etesami & Noori, 2019). As a result, photosynthesis process is reduced which then affects transpiration and enzymatic activity.

Various methods have been used so far to improve salt tolerance of existing cowpea cultivars. Mutation induced by Gamma-rays is one of the methods used to enhance genetic variability. Advantages of gamma rays include their easy application, good penetration, reproducibility, high mutation frequency, and less disposal problems. According to International Atomic Energy Agency (IAEA 2004), two hundred gamma cells have been used worldwide and are mostly used as emitters to induce mutation in plants compared to chemicals mutagens. Their radiation source is mainly Cobalt-60 (⁶⁰Co) and Caesium-137 (¹³⁷Cs) isotopes reported by Food and Agriculture Organization (FAO) and IAEA (2018). Despite possibilities that mutation breeding offers, few mutants' resources are available. In fact, FAO (2014b) stated that Asia production is about 60 % of plant mutants followed by Europe 30%, North America 6%, Africa 2%, Latin America and the Caribbean (2%). According to IAEA Mutants Varieties Database (FAO/IAEA, 2018), there are at least 3275 mutants in more than 220 plant species. Considering production lines,

maximum mutant species are cereals (48%), flowers (20%), legumes and pulses (14%), and vegetables, forge, edible oil plants and trees (3% portions) (Mba, 2013). Fortunately in Senegal, the collaboration between IAEA, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), and Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD) has led to developing mutant lines using Mouride, Melakh and Yacine, which are broadly cultivated cowpea lines in Senegal. However, utilization of those cowpea lines in production areas is hindered by high soil salt content. Therefore, the aim of this study is to test the responses of cowpea mutant lines to varying concentrations of NaCl at the germination stage.

Material and Methods

1. Plant Material and its Preparation

Cowpea varieties, namely Mouride, Melakh and Yacine, released by Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) and derived mutants were used in this study. Mutants (M^4) included 12 lines from Mouride, 12 from Melakh, and 11 from Yacine giving a total of 35 genotypes tested.

Prior to this work, uniform M^0 cowpea seeds from varieties Melakh, Yacine and Mouride were exposed to gamma radiation dose range of 280, 300 and 340 Gy through a cobalt source (^{60}Co) at the Plant Breeding Laboratory of the International Atomic Energy Agency (IAEA) in Seibersdorf (Austria). M^4 Seeds from the M^4 generation having uniform size were chosen for laboratory screening to salt tolerance. Seeds were sterilized with 1% sodium hypochlorite solution (NaClO). Petri dish of 9 cm in diameter, used for the germination, was sterilized using bleach 2% and ethanol 75% to prevent contamination. Thirty (30) seeds from each line were placed in Petri dishes on paper filter Whatman and filled with distilled water or NaCl solution. Prior to screening, the incubator was sterilized with 75% ethanol solution to avoid microbial expansion.

2. Screening Procedure

12 ml of distilled water and 12 ml of NaCl solution was added to each dish as respectively controls and treatments. Five concentrations of NaCl including 50, 100, 150, 200, and 250 mM NaCl were used to test cowpea mutants lines tolerance to salinity. All Petri dishes were placed in a plant growth chamber (GC-101C; Daeyang ETS, Hwasung-si, Kyunggi-do, South Korea) at 28°C for 48 hours. Calculation of the concentration and the optimal temperature for cowpea germination has been previously determined by Ravelombola's method (2017). The number of germinate seed were obtained 72 hours after incubating Petri dishes. Germination is considered effective when the radicle reached a third of the length of the seed (Ravelombola, 2017).

3. Germination Parameters

Five different parameters were considered to assess germination under salinity stress such as Seed Germination Rate (SGR), Absolute Decrease (AD), Inhibition Index (II), Relative Salt Tolerance (RST), and Salt Tolerance Index (STI).

- **Seed Germination Rate** was calculated by dividing the number of germinated seeds to the total number of seeds. The result was expressed as percentage (Benidire et al., 2015; Batabyal et al., 2014).
 $SGR \% = (\text{Number of germinated seeds} / \text{Total number of seeds}) * 100$
 $SGR \% = NGS / TNS * 100$
- **Absolute Decrease** indicated the decrease of germination rate between saline and non-saline condition expressed by the difference between Seed germination rate without salt stress and Seed germination rate under salt stress (Rosielle & Hamblin, 1981; Ravelombola, 2017).
 $AD = SGR_C - SGR_S$
- **Inhibition Index** was calculated according to modified González (1996) formula.
 $II = 100 * (SGR_C - SGR_S) / (SGR_C)$
- **Relative Salt Tolerance** was calculated by the ratio of Seed germination rate under salt stress divided by Seed germination rate without salt stress (Saad et al., 2014; Ravelombola, 2017).
 $RST = SGR_S / SGR_C$
- **Salt Tolerance Index** was expressed by the following formula (Saad et al., 2014; Ravelombola, 2017):
 $STI = (SGR_S * SGR_C) / (SGR_{AV})^2$
 With SGR_C = Seed germination rate without salt stress
 SGR_S = Seed germination under salt stress
 SGC_{AV} = Average of seed germination rate of all cowpea mutants.

4. Experimental Design and Statistical Analysis

The experimental design used in this study was a randomized complete block design (RCBD) with two factors namely genotype and salt concentration. Treatments were repeated three times. The *genotype-by-environment* data structure was subjected to Additive Main-effect and Multiplicative Interaction (AMMI) analysis following the linear model (Rodrigues et al., 2015).

$$\gamma_{ij} = \mu + \alpha_i + e_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_k \epsilon_{ij}$$

where γ_{ij} is the Seed Germination Rate of the i^{th} genotype in the j^{th} salt concentration, μ is the grand mean, α_i is the deviation of the i^{th} genotype from μ , e_j is the deviation of the j^{th} salt concentration from μ , λ_k is the square root of the eigenvalue of $\mathbf{G} \times \mathbf{E}$ interaction principal components PCA axis \mathbf{K} , γ_{ik}

and α_{jk} are respectively the eigenvalue of vectors of the i^{th} genotype and the j^{th} salt concentration in the k^{th} IPCA axis and ε_{ij} is the residual.

Results

Analysis of Variance: The analysis of variance of seed germination rate for AMMI model (Table 1) showed significant effects of genotype, salt concentration, and genotype by salt concentration interaction (GxE). Salt concentrations, genotypes, and GxE explained respectively 95.49%, 2.92% and 1.36% of the total germination rate variation observed. First two interaction principal components accounted for 82.29% of the GxE.

Table 1. Analysis of variance of seed germination rate for AMMI model

Source	d.f.	s.s.	m.s.	F pr	Effect %
Genotypes	37	6873	186	<0.001	2.92
Salt concentrations	5	225020	45004	<0.001	95.49
Interactions	185	3198	17		1.36
IPCA 1	41	2006	49	<0.001	62.71
IPCA 2	39	626	16	<0.001	19.58
Residuals	105	566	5		0.24

d.f.= degrees of freedom; s.s.= sum of squares ; m.s.= mean of squares; F pr= p value

Ranking using GGE Analysis: The seed germination rate among 38 cowpea genotypes under the non-salt stress condition varied from 99.79% to 73.40%, with a mean of 94.16% and a variance of 26.80% (Table 2). In saline conditions, seed germination rate of cowpea genotypes decreased from 56.46 to 20.58 with a mean of 36.28 and a variance of 99.08 for C50; 43.91 to 9.93 with a mean of 22.23 and a variance of 72.50 for C100; 37.08 to 4.79 with a mean of 12.51 and a variance of 48.28 for C150; 18.20 to 0.14 with a mean of 5.06 and a variance of 19.62 for C200; and 7.36 to 0.08 with a mean of 1.94 and a variance of 5.91 for C250. These results showed that the seed germination rate dropped down after salt treatment. In fact, high salt concentrations had the lowest germination rates. Mo495 had the highest germination rate in condition of non-salt stress (99.96) followed by Mo502 (99.90), Mo488 (98.78), Me611 (98.48), and Melakh732 (98.22).

Y706 (74.35), Y783 (87.23), Mo348 (88.77), Me261 (88.89), and Y176 (88.94) had the lowest germination rate. Under salt stress, the average germination rate varied from 36.28 at C50 to 1.94 at C250 for all genotypes. Considering the averages, Y706 (19.71) was found as the most sensitive line followed by Me261 (20.79), Y557 (22.19), Y632 (22.26), and Y701 (22.80). Results indicated that more informative salt concentrations were found in C50 (99.08) and C100 (72.50) against 26.80 in the control environment.

Table 2. Summary statistics of seed germination rate and GGE mega environments

Salt concentrations	Mega environments	Mean	Min	Max	Variance
C0	1	94.16	73.40	99.79	26.80
C50	2	36.28	20.58	56.46	99.08
C100	2	22.23	9.93	43.91	72.50
C150	2	12.51	4.79	37.08	48.28
C200	2	5.06	0.14	18.20	19.62
C250	2	1.94	0.08	7.36	5.91

The GGE biplot showed two (2) mega environments where all salt concentrations were grouped into one mega-environment except the control environment. Optionally, GGE without the control gave similar results. This suggests that characterization of genotypes used in this study can be done on C50 and C0 by the ranking of genotypes based on salt effect on seed germination.

GGE biplot for Seed_germination_rate_Means_BLUPs (environment scaling)

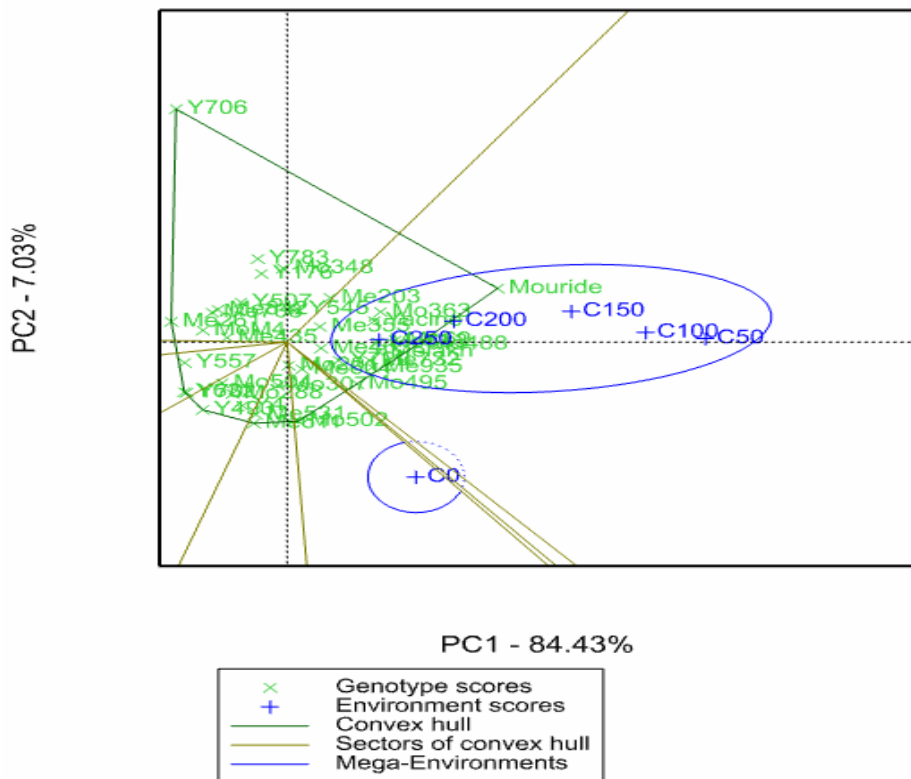


Figure 1. Environment scaling GGE biplot for Seed germination rate

Ranking using stress indices:

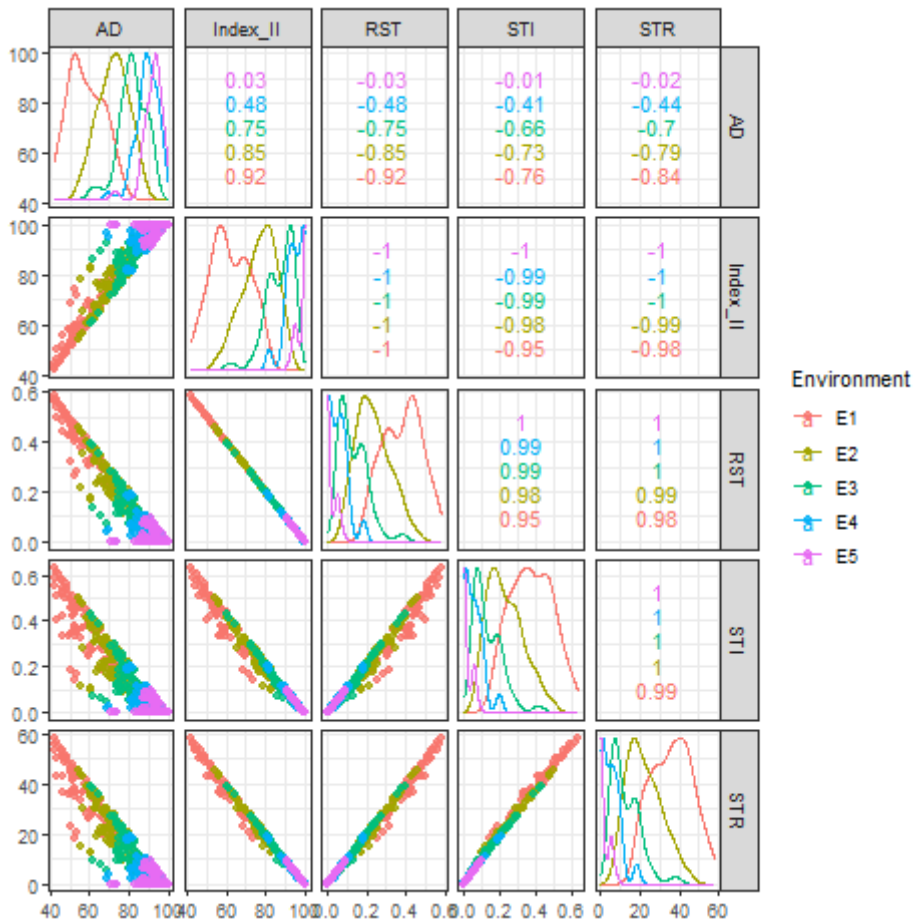


Figure 2. Correlation between indices in salt concentrations
E: salt concentration; 1 = 50; 2 = 100; 3 = 150; 4 = 200; 5 = 250

In all environments except the control, symmetrical similarities were observed for Index II and RST ($r = -1$); Index II and STI ($r < -0.9$); Index II and SGR ($r < -0.9$); RST and STI ($r > 0.9$); RST and SGR ($r > 0.9$); and STI and SGR ($r > 0.9$). In opposite, the weakest correlation was found between AD and STI where r was $-0.02, -0.44, -0.7, -0.79, -0.84$ respectively at salt concentration of 50, 100, 150, 200 and 250.

Genotype Performance: Results indicated that salt concentration of 50 is suitable for ranking performances of genotype for their tolerance to saline stress (Table 1). Also, both indices AD and STI were adequate to discriminate genotypes (Figure 1). At concentration of 50, the line with the least AD value (best) was MoTemoin which is the variety Mouride (43.18) followed by Mo488 (44.20), Mo533 (46.16), and MeTemoin (48.77).

Discussion

This study investigated the effect of salt stress on mutants of cowpea lines using varying levels of NaCl concentration at germination stage. It was found that increasing salinity levels induced a lower seed germination rate. Our findings corroborated various studies carried out on crops tolerance to salt stress (Praxedes *et al.*, 2014; da Silva Sa *et al.*, 2016; Tsague *et al.*, 2017). Likely, the salt treatment negatively affected seed physiology and germination mechanism by increasing the salt osmotic potential as mentioned by Kaymakanova *et al.* (2009cu), Abdel-Haleem and El-Shaieny (2015), Ravelombola (2017), and Dangué *et al.* (2020). The increased osmotic pressure is a consequence of high concentrations of Na⁺ and Cl⁻. Changes in cells yield toxicity and inevitably dehydration of seeds that will cancel any chances of germination (Panuccio *et al.*, 2014; Wu *et al.*, 2015; Munns & Tester, 2008; Liang *et al.*, 2018; Miransari & Smith, 2019). Ashraf *et al.* (2010) and Farissi *et al.* (2013) reported that excessive NaCl promote hormonal and cellular disorders, increase the reactive oxygen species (ROS), and delay cell division and cell elongation which ultimately slow down germination process, plant growth and development. However, these findings are in agreement with our results. However, various methods of resilience are used by plants to cope with salinity stress through mechanisms leading to osmotic adjustment. Taffouo *et al.* (2009) reported that seed germination rate can be used as a first criterion for the screening of legumes populations and species tolerant to salt stress.

In this study, high correlations were observed between AD and other stress indices except STI. In addition, AD has shown high values leading to low germination rate. In rice, high correlations were obtained between AD and other stress indices (González, 1996). Also, in cowpea, genotypes with high AD were considered very susceptible to salt (Ravelombola, 2017).

Conclusion

Consequently, this study demonstrated that salt stress significantly affected seed germination with a large variation of responses among the cowpea genotypes. The results showed that genotypes with least value of AD had the highest seed germination rate like variety Mouride, Mo488, Mo533, and Melakh.

This study could be enhanced by using molecular tools (markers) to investigate salt stress tolerance mechanisms which lead to fast-track developing salt-tolerant cultivars.

Acknowledgments

The authors would like to appreciate the expertise assistance from the Institute of Tropical Agriculture (ITA) and staff of the Universiti Putra

Malaysia, le Laboratoire de Biotechnologies des champignons (LBC), and le Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) of Senegal. We are grateful to Dr. Ndiaga CISSE (CNRA, Senegal) and Dr. Seyni SANE (Biology department of University of Dakar, Senegal) for their input during information analysis and for their comments on the manuscript and discussion. We thank the RABIOTECH project for its financial support. We are also thankful to Mr. Diene Bacar Sougoufara for his moral and financial support.

Authors Contributions

D. N. F. (Deme Ndeye Fatou) designed and coordinated the study, was involved in data collection, data analysis and drafted the manuscript.

D. M. (Diangar Moussa), data analysis, software, review and editing. Ndiaye, Rafii, and Diop; Formal analysis. Deme and Diangar; Methodology. Deme; Resources. Rafii, Diop and Ndiaye; Supervision. Rafii and Diop; funding, OWSD.

Funding

This study was carried out via the PhD scholarship of the Organization for Women in Sciences for Developing Countries (OWSD). The publication fee was supported by RABIOTECH project.

Conflicts of Interest: the authors declare no conflict of interest.

References:

1. Ashraf, M. & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ Exp Bot* 59:206–216.
2. Batabyal, S., Dalal, T. & Tah, J. (2014). Effect of different seed-sources on germination parameters by means of artificial seed germination of *Santalum album* L. *Int. J. Pure App. Biosci.* 2 (2): 149-152.
3. Benidire, L., Daoui, K., Fatemi, Z. A., Achouak, W., Bouarab, L., & Oufdou, K. (2015). Effect of salt stress on germination and seedling of *Vicia faba* L. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(3), 840–851.
4. Bose, J., Rodrigo, M. A. & Shabala, S. (2013). ROS homeostasis in halophytes in the context of salinity stress tolerance. *J Exp Bot.* doi:10.1093/jxb/ert430.
5. da Silva Sá, F.V., de Lima, G. S., dos Santos, J. B., Gheyi, H. R., dos Anjos Soares, L. A., Cavalcante, L. F., de Paiva, E. P. & de Pádua Souza, L. (2016). Growth and physiological aspects of bell pepper (*Capsicum annuum*) under saline stress and exogenous application of

- proline. *African Journal of Biotechnology*, 15: 1970-1976. DOI: 10.5897/AJB2016.15441.
6. Dangué, A., Gueye, N., Diallo, A. T., Sare, I. C., Fall-Ndiaye, M. A. & Diop, T. A. (2020). Effet de la salinité sur la germination graines et la croissance des semis de treize cultivars africains de sésame (*Sesamum indicum* L.). *European Scientific Journal* Vol.16, No.15.
 7. Etesami, H. & Noori, F. (2019). Soil Salinity as a Challenge for Sustainable Agriculture and Bacterial-Mediated Alleviation of Salinity Stress in Crop Plants. In: Kumar M., Etesami H., Kumar V. (eds) *Saline Soil-based Agriculture by Halotolerant Microorganisms*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8335-9_1.
 8. FAO (2014a). Committee on World Food Security (CFS). <http://www.fao.org/cfs/cfshome/en/>. Accessed 2 Nov 2014 .
 9. FAO/IAEA (2018). *Manual on Mutation Breeding - Third edition*. Spencer-Lopes,
 10. Farissi, M., Ghoulam, C. & Bouizgaren, A. (2013). Changes in water deficit saturation and photosynthetic pigments of Alfalfa populations under salinity and assessment of proline role in salt tolerance. *Agric. Sci. Res. J.*;3:29–35. [Google Scholar].
 11. González, L.M. (1996). Use of radioinduction of mutations in obtaining salinity-tolerant rice genotypes . PhD diss.(In Spanish), Granma.
 12. Gupta, B. & Huang, B. (2014). Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular Characterization. *Int J Genomics*. doi:org/10.1155/2014/701596.
 13. Haleem, A. & El-Shaieny, A.H. (2015). Seed germination percentage and early seedling establishment of five *Vigna unguiculata* (L.) Walp. genotypes under salt stress. *European Journal of Experimental Biology*, 5: 22–32.
 14. IAEA (2004). *Directory of Gamma Processing Facilities in Member States*. Available at: <https://www-pub.iaea.org/books/iaeabooks/6914/Directory-of-Gamma-Processing-Facilities-in-Member-States>.
 15. Kaymakanova, M. (2009). Effect of salinity on germination and seed physiology in Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.). XI Anniversary Scientific Conference, pp: 326-329.
 16. Kebede, E. & Bekeko, Z. (2020). Expounding the production and importance of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in Ethiopia, *Cogent Food & Agriculture*, 6:1, DOI: 10.1080/23311932.2020.1769805.

17. Kendirli, B., Cakmak, B. and Ucar, Y. (2005). Salinity in the South eastern Anatolia Project (GAP), Turkey: Issues and Options. *Irrigation and Drainage*, 54: 115-122.
18. Mba, C. (2013). Induced Mutations Unleash the Potentials of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture", *Agronomy*, 3, p. 200-231.
19. Ndiaye, M.A.F. (2015). Cowpea [*Vigna unguiculata* L. (Walp)]: Varietal selection assisted by the measurement of the amount of fixed nitrogen using ¹⁵N isotope techniques and by molecular tools. State PhD in Plant Biology : UCAD Dakar 119 pages.
20. Olufajo, O. O. (2012). Agronomic Performance of improved cowpea varieties under natural ¹³¹I infestation with *Alectra vogelii* (Benth.) in the northern Guinea savannah of Nigeria. *Agri. Tropic. Subtropic*. 45(2):66–71.
21. Panuccio, M. R., Jacobsen, S. E., Akhtar, S. S. & Muscolo, A. (2014). Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. *AoB PLANTS*, 6, plu047. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plu047>.
22. Parida, A. K., Das A. B. & Mohanty, P. (2004). Investigations on the antioxidative defense responses to NaCl stress in a mangrove, *Bruguiera parviflora*: differential regulations of isoforms of some antioxidative enzymes. *Plant Growth Regul* 42:213–226.
23. Praxedes, S. C., Damatta, F. M., Lacerda, C. F.D., Prisco, J.T. & Filho, E.G. (2014). Salt stress tolerance in cowpea is poorly related to the ability to cope with oxidative stress. *Acta Botanica Croatica*, 73: 51–62.
24. Ravelombola, W. S. (2017). Evaluation and Association Analysis of Cowpea Salt Tolerance. Theses and Dissertations. 1966.^[1]_[5EP]
25. Rodrigues, P., Monteiro, A. & Lourenço, V. (2015). A Robust AMMI model for the analysis of genotype-by-environment data. *Bioinformatics* (Oxford, England). 32. 10.1093/bioinformatics/btv533.
26. Rosielle, A.A. & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and nonstress environments. *Crop Science*, 21:943-946.
27. Saad, F.F., Abd El-Mohsen, A.A., Abd, M.A. & Al-Soudan, I.H. (2014). Effective selection criteria for evaluating some barley crosses for water stress tolerance. *Adv. Agric. Biol.* 1(3):112–123. doi:10.15192/PSCP.AAB.2014.1.3.112123.
28. Spencer-Lopes, M.M., Forster, B.P. & Jankuloski, L. (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 301 pp.
29. Taffouo, V., Meguekam, L., Kenne, M., Yayi, E., Magnitsop, A.,

- Akoa, A. & Ourry, A. (2009). Germination et accumulation des métabolites chez les plantules de légumineuses cultivées sous stress salin. *Agron. Afr* ;20:129–139. doi: 10.4314/aga.v20i2.1742.
30. Timko, M.P., Ehlers, J. D. & Roberts, P.A. (2007). Cowpea. In: *Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants*, Kole, C. (Ed.). Vol. 3, Springer Verlag, Berlin, Germany, ISBN-13: 978-3540345350, pp: 49-67.
31. Tiwari, J. K., Munshi, A. D., Kuma, R., Pandey, R. N., Arora, A., Bhat, J.S. & Sureja, A.K. (2010). Effect of salt stress on cucumber: Na⁺/K⁺ ratio, osmolyte concentration, phenols and chlorophyll content. *Acta Physiol. Plant*, 32: 103-114.
32. Tsague, E.L., Kouam, E.B. & Tankou, C.M. (2017). Salinity tolerance at germination of some main cultivated cowpea (*Vigna unguiculata*) genotypes from Western Cameroon. *Annals of Plant Sciences*, 6: 1634–1639.
33. Verdcourt, B. (1970). Studies in the leguminosae-papilionoïdeae for the flora of tropical East Africa. *Kew Bull.* 24 (3): 507–569.
34. Wu, G.Q., Jiao, Q. & Shui, Q.Z. (2015). Effect of salinity on seed germination, seedling growth, and inorganic and organic solutes accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.) *Plant Soil Environ.* Vol. 61, No. 5: 220–226.
35. Zhang, H. J., Dong, H. Z., Li, W. J. & Zhang, D.M. (2012). Effects of soil salinity and plant density on yield and leaf senescence of field-grown cotton. *J Agron Crop Sci* 198(1): 27–37.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Caractéristiques Structurales Et Importances Socioéconomiques De *Parkia Biglobosa* (JACQ.) R. BR. Ex G. Don Dans Les Communes De Bohicon Et D'Abomey Au Bénin

Pocoun Damè Kombienou, Chargé De Recherche

Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB),
Cotonou, Bénin

Gildas Armel N. C. Guezodjè, Doctorant

Centre Interfacultaire de Formation et Recherche en Environnement pour le Développement Durable (CIFRED), Université d'Abomey-Calavi (UAC),
Bénin

Ismäïla Imorou Toko, Professeur Titulaire

Laboratoire de Cartographie (LaCarto), Institut de Géographie, de
l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (IGATE),
Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

Ibouraïma Yabi, Professeur Titulaire

Laboratoire "Pierre Pagny" Climat, Eau, Ecosystème et Développement
(LACEEDE), Institut de Géographie, de l'Aménagement du Territoire et de
l'Environnement (IGATE), Université d'Abomey-Calavi, (UAC), Bénin

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p85](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p85)

Submitted: 15 June 2022

Accepted: 06 September 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Kombienou P.D., Guezodjè G.A.N.C., Toko I.I. & Yabi I. (2022). *Caractéristiques Structurales Et Importances Socioéconomiques De *Parkia Biglobosa* (JACQ.) R. BR. Ex G. Don Dans Les Communes De Bohicon Et D'Abomey Au Bénin*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 85. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p85>

Résumé

Le néré, *Parkia biglobosa* est une espèce polyvalente reconnue pour ses utilités socioéconomiques et environnementales. L'objectif de l'étude est d'analyser les caractéristiques structurales et importances socio-économiques de l'espèce dans les Communes de Bohicon et d'Abomey au Bénin. L'étude a été réalisée dans les villages de : Détohou, Zounzonmè dans la commune d'Abomey et Saclo, Kpatalocoli et Lissazounmè dans Bohicon. L'approche

méthodologique a consisté en des enquêtes ethnobotaniques et inventaires dans les systèmes de production de *Parkia biglobosa*. Les entretiens structurés ont concerné un échantillon de 185 ménages constitués de 70 exploitants agricoles, 53 commerçants, 40 consommateurs et 22 personnes ressources, soit 10 % du nombre total de ménages de chacun des cinq villages. Les entretiens semi structurés ont été réalisés avec les chefs de village, des tradipraticiens et le service des Eaux et Forêts. Le nombre d'informateurs (NI) mentionnant l'espèce pour n'importe quel usage et la Valeur d'Usage (VU) ethnobotanique ont été utilisés pour estimer l'importance socio-économique de *Parkia biglobosa*. L'ensemble des placeaux a été installé dans les savanes arborées, arbustives, les champs, les jachères et les zones périurbaines. Les placeaux ont été installés lorsqu'au moins un individu de *Parkia biglobosa* était présent et une distance d'au moins 50 m a été observée entre deux placeaux consécutifs. Les résultats ont révélé que, le diamètre moyen des arbres a été plus élevé dans les zones périurbaines et la surface terrière dans les champs. La distribution verticale et horizontale de l'espèce était partout en cloche, suggérant une prédominance de jeunes pieds. Tous les organes sont exploités à des fins alimentaires, médicinales, commerciales, bois d'énergie, fertilisation du sol et artisanales. Toutefois, le prélèvement des organes, l'abattage des arbres et l'utilisation du bois de feu constituent des menaces pour l'espèce. Le néré a une faible densité dans toutes les formations, soit en moyenne 5 pieds dans les champs, 2 pieds dans les savanes arborées. La plantation à grande échelle de l'espèce doit être encouragée au regard de ses avantages socioéconomiques et écologiques.

Mots-clés: Bénin, Caractéristiques structurales, Conservation, *Parkia biglobosa*, Valeur économique

Structural Characteristics and Socioeconomic Importances of *Parkia Biglobosa* (JACQ.) R. BR. Ex G. Don in the Municipalities of Bohicon and Abomey in Benin

Pocoun Damè Kombienou, Chargé De Recherche

Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB),
Cotonou, Bénin

Gildas Armel N. C. Guezodjè, Doctorant

Centre Interfacultaire de Formation et Recherche en Environnement pour le
Développement Durable (CIFRED), Université d'Abomey-Calavi (UAC),
Bénin

Ismâïla Imorou Toko, Professeur Titulaire

Laboratoire de Cartographie (LaCarto), Institut de Géographie, de
l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (IGATE),
Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin

Ibouraïma Yabi, Professeur Titulaire

Laboratoire "Pierre Pagny" Climat, Eau, Ecosystème et Développement
(LACEEDE), Institut de Géographie, de l'Aménagement du Territoire et de
l'Environnement (IGATE), Université d'Abomey-Calavi, (UAC), Bénin

Abstract

The nere, *Parkia biglobosa* is a versatile species recognized for its socio-economic and environmental utility. The objective of the study is to analyze the structural characteristics and socio-economic importance of the species in the Communes of Bohicon and Abomey in Benin. The study was carried out in the villages of: Détohou, Zounzonmè in the municipality of Abomey and Saclo, Kpatalocoli and Lissazounmè in Bohicon. The methodological approach consisted of ethnobotanical surveys and inventories in *Parkia biglobosa* production systems. The structured interviews involved a sample of 185 households made up of 70 farmers, 53 traders, 40 consumers and 22 resource persons, i.e. 10% of the total number of households in each of the five villages. Semi-structured interviews were conducted with village chiefs, traditional healers and the Water and Forest Service. The number of informants (NI) mentioning the species for any use and the ethnobotanical Use Value (VU) were used to estimate the socio-economic importance of *Parkia biglobosa*. All plots were installed in wooded and shrubby savannahs, fields, fallow land and the peri-urban areas. The plots were installed when at least one individual of *Parkia biglobosa* was present and a distance of at least 50 m was observed between two consecutive plots. The results revealed that the average diameter of trees was higher in peri-urban areas and the basal area in fields. The vertical and horizontal distribution of the species was generally

bell-shaped, suggesting a predominance of young feet. All the organs are exploited for food, medicinal, commercial, energy wood, soil fertilization and artisanal purposes. However, the removal of organs, the felling of trees and the use of firewood pose threats to the species. The nere has a low density in all formations, an average of 5 feet in the fields, 2 feet in the wooded savannas. Large-scale planting of the species should be encouraged in view of its socio-economic and ecological benefits.

Keywords: Benin, Conservation, *Parkia biglobosa*, Structural Characteristics, Value - Economic

Introduction

La dégradation des écosystèmes forestiers constitue une problématique majeure pour les pays en voie de développement. Les causes majeures sont la péjoration climatique, les feux de végétation, le développement et l'extension de l'agriculture, le surpâturage et la surexploitation du bois et des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) (Sambou, 2004 ; Assongba et al., 2013) sans oublier l'urbanisation. Cette dégradation affecte la diversité floristique et la densité des espèces fruitières locales qui constituent une ressource précieuse pour une grande majorité des populations locales des pays en développement (Kouakou et al., 2017).

Parmi les espèces, menacées figure en bonne place *Parkia biglobosa* Jacq. G. Dong connu sous le nom de néré qui est un arbre des savanes ouest-africaines. Cet arbre est l'une des espèces des parcs agroforestiers la plus répandue (Sacande & Clethero, 2007). Il joue des rôles écologique, alimentaire, médicinal, culturel, fourrager et économique (Lamien et al., 2011). La diversification de ses usages est l'une des causes de sa large distribution à travers la sous-région où il est conservé par les agriculteurs dans les champs. En effet, lors des défrichements, les producteurs épargnent les espèces para-cultivées qu'ils entretiennent d'année en année dans leurs agrosystèmes et qui leur donnent l'image d'un type particulier d'agroforesterie (Kombienou, 2016). Plusieurs études ethnobotaniques ont rapporté l'importance sociale de cette espèce et de ses sous-produits. Les feuilles, les racines, les fleurs, les fruits et les graines sont utilisés dans le traitement de diverses maladies, dont la diarrhée, les ulcères, la jaunisse, la pneumonie, etc. (Sacandé & Clethero, 2007). Les graines fermentées sont transformées en un condiment (Afitin) à forte teneur en protéine qui est utilisé pour assaisonner les repas (Koura et al., 2011). Au Bénin, l'usage de *Parkia biglobosa* est très répandu. La fabrication de la moutarde appelée « afitin » en fongbé à partir des graines constitue de loin la principale utilisation ; ce qui s'explique de par l'importance sociale de ce condiment dans l'alimentation des populations du Bénin en général (Gutierrez, 2000). Les formes d'utilisations de *Parkia*

biglobosa rencontrées sur le plateau d'Abomey rejoignent globalement les usages répertoriés dans d'autres régions africaines (Koura et al., 2011). Dans le département du Zou au Bénin et particulièrement dans les Communes de Bohicon et d'Abomey, la transformation des graines de l'espèce constitue une activité génératrice de revenus de la plupart de la population. Au-delà des pressions sur la graine, l'agriculture constitue la principale activité de la population qui menace l'habitat de l'espèce. Dans ce contexte, la pérennisation de *Parkia biglobosa* des forêts et les différents écosystèmes passent par leur aménagement et gestion durable. La gestion durable de ces écosystèmes bénéfiques pour l'exploitation durable de *Parkia biglobosa* est entre autres la connaissance limitée de l'état des habitats et de leurs conditions et fonctions en termes de structure, composition et l'évaluation quantitative des bénéfices tangibles et intangibles qu'on peut en tirer. Or, les Communes d'Abomey et de Bohicon sont en proie à une urbanisation accélérée avec les conversions d'usage de terre qui en découlent. Ainsi, les surfaces anciennement occupées par les formations naturelles sont transformées en sites d'habitations et d'infrastructures socioéconomiques. Dans les secteurs périphériques et ruraux, les superficies agricoles s'élargissent au détriment des écosystèmes naturels. Cette tendance à la forte urbanisation et d'expansion des superficies agricoles n'est pas sans conséquence sur les espèces naturelles dont *Parkia biglobosa*. Il importe donc d'actualiser les connaissances sur les caractéristiques structurales et les connaissances ethnobotaniques de cette espèce qui particularise le paysage naturel du territoire de ces Communes.

Le présent article analyse les caractéristiques structurales et socio-économique de *P. biglobosa* dans les Communes de Bohicon et d'Abomey. De façon spécifique, il s'agit (i) de caractériser les biens et services fournis par *Parkia biglobosa* dans le système agroforestier à Bohicon et Abomey (ii) d'évaluer la contribution de *Parkia biglobosa* à l'économie des ménages à Bohicon et Abomey au Bénin.

1. Matériel et Méthodes

1.1. Caractéristiques du milieu d'étude

Les communes de Bohicon et d'Abomey sont situées au sud de la République du Bénin, dans le département du Zou, respectivement à 130 km et 145 km de Cotonou. La commune de Bohicon couvre une superficie de 44 km², avec une population de 171 781 habitants (INSAE, 2013). Elle est limitée au Nord par la commune de Djidja, au Sud par la commune de Zogbodomey, à l'Est par la commune de Zakpota et à l'Ouest par celles d'Abomey et d'Agbangnizoun. Celle d'Abomey, est limitée au Nord par la commune Djidja et à l'Ouest par la commune d'Aplahoué, au sud par la commune d'Agbangnizoun et à l'Est par la commune de Bohicon. Les deux communes sont comprises entre 7° 11' 1" et 7°15'30" de latitude nord et entre les

méridiens 1° 59' 20" et 2°20'00" de longitude Est (Figure 1). La commune d'Abomey couvre une superficie de 142 km² avec une population de 92 266 habitants (INSAE, 2013). Les communes de Bohicon et d'Abomey sont sous la dépendance d'un climat subéquatorial de transition et le climat tropical humide du type soudano-guinéen du Nord-Bénin. Ce climat est caractérisé par deux saisons de pluie (avril à juin et septembre à novembre) et deux saisons sèches (juillet à août et décembre à mars). La moyenne pluviométrique est entre 900 et 1200 mm d'eau. La période de croissance végétative varie entre 80 et 100 jours et les températures annuelles moyennes varient entre 26 et 28°C.

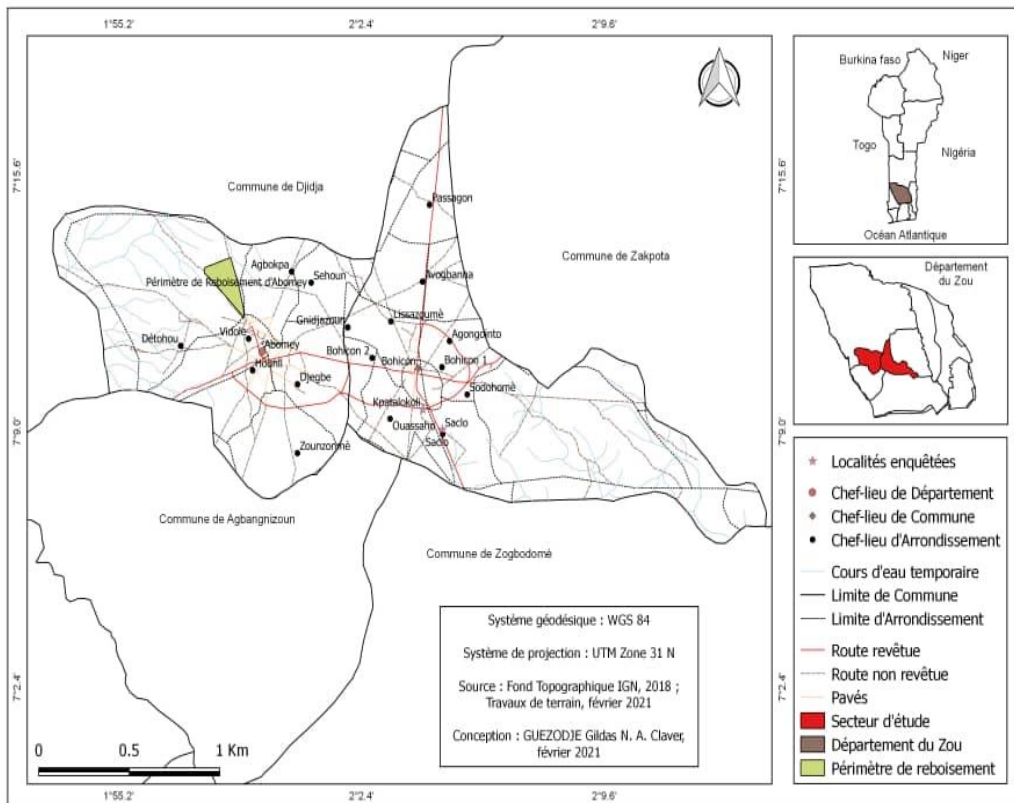


Figure 1. Situation géographique des communes d'étude

1.2. Méthodes de collecte et de traitement des données

1.2.1 Collecte des données

Collecte des données ethnobotaniques

Au total, cinq (05) villages Détohou, Zounzonmè dans la commune d'Abomey et Saclo, Kpatalocoli et Lissazounmè dans Bohicon ont été choisis comme sites d'étude en raison de la forte implication de leurs populations dans l'exploitation du Néré. Dans chacun de ces villages, les enquêtes ont été effectuées dans les ménages et les inventaires sur le terrain.

Dans ces villages, un questionnaire semi-structuré et un guide d'entretien ont servi d'outils de collecte des données auprès de 185 ménages répartis comme suit : Exploitants agricoles (37,84 %), Commerçants d'Afitin (moutarde) (28,65%), Consommateurs (21,62%) et Personnes ressources (11,89 %). L'âge des enquêtés variait entre 20 et 75 ans. Des groupes de discussion avec les populations suivis des observations directes sur le terrain ont permis d'identifier les types de système de production, soit environ 25 enquêtés par village en dehors des autorités administratives. Les enquêtes individuelles auprès des collecteurs, producteurs, commerçants et consommateurs, à raison de 50 informateurs par village, ont porté sur les types de produits, les formes et les valeurs d'usages ainsi que les menaces pour la gestion durable de la ressource (Houehanou et al., 2016).

Collecte des données dendrométriques et structurales

La caractérisation dendrométrique et structurale de *Parkia biglobosa* a été effectuée à partir d'un inventaire forestier des sites de présence de *Parkia biglobosa* dans quatre arrondissements répartis dans les deux Communes d'étude (Abomey et Bohicon). L'unité d'échantillonnage est un placeau de 1 ha en raison de la faible densité de l'espèce (Agbogon et al., 2012). Au total 72 placeaux ont été installés dans l'ensemble du milieu d'étude en tenant compte du type de formation. Ainsi, l'ensemble des placeaux a été installé dans les savanes arborées, arbustives, les champs, les jachères et les zones périurbaines. Les placeaux ont été installés lorsqu'au moins un individu de *Parkia biglobosa* était présent et, une distance d'au moins 50 m a été observée entre deux placeaux consécutifs. A l'intérieur de chaque placeau, les mesures des individus ont porté sur le diamètre à 1,30 m du sol de tous les arbres de *Parkia biglobosa* dont le diamètre est supérieur ou égal à 10 cm à l'aide du ruban pi, la hauteur totale à l'aide du clinomètre, deux diamètres perpendiculaires du houppier à l'aide du décimètre.

1.2.2. Echantillonnage

Les principaux secteurs de plantation ont été identifiés au cours de la visite préliminaire à travers les critères de choix ci-après : résider dans l'une des deux Communes, connaître les réalités liées à l'exploitation et être impliqué dans le système de commercialisation, pour déterminer la composition de l'échantillon. Les données ont été collectées auprès de 185 ménages choisis au hasard au sein des ménages et enquêtés dans les deux communes et étaient réparties dans cinq villages de cinq arrondissements (Tableau I).

Tableau I. Typologie des enquêtes

Communes	Exploitants agricoles	Commerçantes d'Afitin (moutarde)	Consommateurs	Personnes ressources	Total
Abomey	35	28	22	12	97
Bohicon	35	25	18	10	88
Total	70	53	40	22	185
Pourcentage %	37,84	28,65	21,62	11,89	100

Le tableau 1 montre qu'un total de 185 ménages constitués de 70 exploitants agricoles, 53 commerçants, 40 consommateurs et 22 personnes ressources.

1.2.3 Traitement et analyse des données

Les données d'enquêtes ont été dépouillées manuellement et saisies à l'aide du logiciel Sphinx Plus (version 5). Les données ont été ensuite importées vers le logiciel SPSS (version 20) pour être traitées à l'aide d'indicateurs ethnobotaniques. Pour les variables quantitatives, les résultats ont, par la suite, été saisis dans un tableur Excel 2003 pour la représentation graphique.

Importance, menaces et usage de *Parkia biglobosa*

Valeur Usuelle (UV)

La valeur d'usage (UV) de l'espèce à partir de la formule de Phillips & Gentry (1993) modifiée et utilisée par d'autres auteurs (Dossou et al., 2012, Bio et al., 2014).

$$UV = \sum_{i=1}^{I_n} U_i/n \quad (i)$$

U_i = nombre d'usages de l'espèce et n = nombre total d'informateurs. Cet indice permet d'évaluer l'importance d'une plante dans une communauté. Ainsi, une espèce est considérée comme significative si sa $VU > 4\%$ et dans le cas contraire, elle est moins significative.

Niveau de fidélité (NF) (Friedman et al, 1986)

$$NF = \frac{N_p}{N} \quad (ii)$$

N_p : le nombre d'informateurs qui mentionne l'espèce pour un certain usage p

N : le nombre d'informateurs qui mentionne l'espèce pour n'importe quel usage.

Les données ont été analysées en utilisant le teste de Chi deux et des statistiques descriptives telles que le tableau de fréquence, pourcentage et représentation graphique. Les menaces perçues par la population locale ont été soumises à une analyse en composante principale en lien avec les catégories socioprofessionnelles des enquêtés.

Traitement des données dendrométriques et structurales

Après l'encodage des données à partir du tableur Excel, l'individualisation des objets dendrométriques a été réalisée par une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et une Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) à l'aide du logiciel STATISTICA.

Dans chaque village, l'identification des parcs à néré a été faite de façon raisonnée avec l'aide des chefs de village. La méthode d'inventaire des arbres dans les parcs identifiés s'est inspirée du manuel pour le relevé intégré de données sur le terrain de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO, 2009) ainsi que des travaux antérieurs effectués sur la même espèce et sur le karité au Nord du Cameroun (Nchoutpouen et al., 2009 ; Maponmetsem et al., 2011). Au total, 16 unités de comptage (100 m x 100 m) ont été implantées dans le site, à raison de deux unités de comptage par village. Chacune des unités de comptage a été divisée en 2 placettes rectangulaires de 100 m x 50 m, soit 32 placettes prospectées pour l'ensemble de la zone d'étude. Toutes les tiges d'arbres à néré de diamètre supérieur à 10 cm ont été inventoriées, géoréférencées et leur diamètre à 1,3 m du sol a été mesuré à l'aide d'un ruban forestier. La mesure de la hauteur de ces arbres a été faite selon la méthode détaillée de la croix du bûcheron.

Distribution en diamètre et en hauteur des populations d'espèces

La distribution par classes de diamètre ou de hauteur renseigne sur l'écologie des espèces, les contraintes sylvicoles éventuelles et l'état de la ressource (Herrero-Jauregui et al., 2012). Un test d'ajustement à la distribution théorique de Weibull (Rondeux, 1999) a été effectué à l'aide du logiciel Minitab 17. La distribution théorique de Weibull à trois paramètres (de position a , d'échelle ou taille b et de forme c) a été utilisée pour caractériser la structure des peuplements. Le paramètre a correspond à la valeur seuil, la plus petite valeur de diamètre (respectivement de hauteur) retenue pour la constitution des histogrammes. Le paramètre b est lié à la valeur centrale de la distribution des classes de diamètre et de hauteur, puis le paramètre c est lié à la structure observée et sa valeur, conduit la distribution de Weibull à prendre plusieurs formes. Sa fonction de densité de probabilité $f(x)$ se présente sous la forme suivante (Johnson et Kotz, 1970) :

$$f(x) = \frac{c}{b} \left(\frac{x-a}{b} \right)^{c-1} \exp \left[- \left(\frac{x-a}{b} \right)^c \right]$$

(iii)

Avec x le diamètre (cm), la circonférence (cm) ou la hauteur (m) des arbres, $f(x)$ sa valeur de densité de probabilité générée à partir des centres des classes de diamètre ou de hauteur et des paramètres a , b et c .

A partir des données collectées, la densité (N), la surface terrière (G) et le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne (Dg) ont été calculés par la formation des peuplements.

La densité N est le nombre moyen d'individus par hectare ;

$$N = \frac{n \times 10\,000}{s} \tag{iv}$$

N , en arbres/ha : il s'agit du nombre moyen d'arbres de dbh = 10cm sur pied par hectare ; n étant le nombre total d'arbres par placette et s la surface de la placette soit 10.000m²

La surface terrière G

Correspond pour chaque peuplement à la somme de la surface terrière (m²/ha) des arbres de *Parkia biglobosa* à hauteur d'homme supérieur ou égal à 10 cm. Elle a été déterminée par la formule :

$$G = \frac{0.0001\pi}{4s} \sum_{i=1}^n di^2 \tag{v}$$

di étant le diamètre en centimètre (cm) de l'arbre i du placeau. (G , en m²/ha) est la somme, ramenée à l'hectare, des sections transversales à hauteur d'homme (1,3 m) de tous les arbres de dbh ≥ 10 cm, à l'intérieur du placeau
Le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne (Dg , en cm)

$$Dg = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n di^2} \tag{vi}$$

n est le nombre d'arbre de dbh =10 cm à l'intérieur du placeau et di diamètre en cm de l'arbre i .

Le volume de bois sur pieds (V) a été évalué en se basant sur la formule suivante

$$V = G \times Ht \times f \tag{vii}$$

(G = surface terrière (m²), Ht = hauteur totale (m), f = coefficient de forme = 0,65) (Ræbild et al., 2012).

La densité (N), la surface terrière (G) et le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne (Dg) ont été calculés par la formation des peuplements. Les caractéristiques dendrométriques et structurales de *P.*

biglobosa ont été comparées entre les formations grâce au test ANOVA effectué à l'aide du logiciel R et les moyennes significativement différentes ont été séparées en utilisant la fonction pairwise.t.test.

1.2.4. Importance et menaces de *Parkia biglobosa*

L'importance numérique des individus prélevés, les formes de perturbation de l'habitat constatées (pratiques agricoles, feu de végétation), les traces de prélèvement des organes, ainsi que les diverses formes d'utilisation des espèces, ont permis l'évaluation des menaces et des formes de pressions qui pèsent sur les espèces (Fachola, 2019).

1.2.5. Estimation de la quantité de main d'œuvre

La collecte des fruits de *Parkia biglobosa* est exclusivement assurée par la main d'œuvre familiale (non rémunérée). Dans le cas échéant par des producteurs qui après extraction des graines les vendent aux transformatrices. Il a été quantifié en heures, puis la conversion en homme jour a été faite sur la base de la méthode proposée par (Norman, 1973). L'entretien avec les transformatrices a permis d'avoir le nombre de personnes et la durée de travail pour l'activité. Pour la détermination de la durée de travail réalisée, l'effectif total (ET) des travailleurs en équivalent-homme a été calculé suivant la formule suivante :

$ET = (\text{nombre d'hommes}) + 0,75 \times (\text{nombre de femmes}) + 0,5 \times (\text{nombre d'enfants de 6 à 12 ans})$ (Kpadonou et al., 2010).

Pour la conversion en homme-jour (hj), l'effectif total (ET) a été multiplié par la durée totale (DT) de l'opération culturale estimée en heure divisée par huit (8). Dans le contexte de l'étude, l'unité de travail équivalent à un homme-jour, est le travail qu'aurait accompli pendant une journée de (08 heures) un homme adulte. La formule peut s'écrire :

$ET \text{ (homme-jour)} = ET \times (DT/8)$ (Kpadonou et al., 2010)
(viii)

2. Résultats

2.1. Paramètres dendrométriques et structuraux de *Parkia biglobosa* dans les systèmes de production

D'après les analyses, les champs et jachères avaient une densité de 5 arbres par ha, dans la zone périurbaine, 1 pied/ha et 2 pieds/ha dans les savanes arborées (Tableau II). Le diamètre moyen des arbres n'était pas significativement différent. Dans les champs et jachères, *Parkia biglobosa* avait un diamètre de 41,86 cm, de 47,53 cm dans les zones périurbaines et 40,52 cm dans les savanes arborées (Tableau II). Les champs et jachères avaient une surface terrière la plus élevée suivie des savanes arborées (Tableau II). Le volume dans les champs est de 54,89 m³ et dans les savanes arborées de 16,29 m³. Les zones périurbaines ont un volume moyen de 13,29 m³.

Tableau II. Paramètres dendrométriques et structuraux de *P. biglobosa* dans les systèmes de production

Paramètres	Champs et Jachères	Péri-urbains et Rural	Savanes Arborée	P	Significativité
Diamètre moyen (cm)	41,86a	47,53a	40,52a	0,346	Ns
Hauteur (m)	8,05a	8,75a	7,7a	0,351	Ns
Densité (tige/ha)	5a	1b	2b	<2e-16	***
G (m2/ha)	6,46a	1,42a	1,80a	0,62	Ns
Volume (m3)	54,89a	13,29a	15,35a	0,802	Ns

2.2. Distribution des pieds de *Parkia biglobosa* par classes de diamètre

L'analyse de la figure 2 a montré que, toutes les distributions avaient une allure en cloche et présentaient une valeur du paramètre de forme (c) de la fonction de densité de Weibull à 3 paramètres comprise entre 1 et 3,6. La distribution est alors asymétrique positive ou asymétrique droite, caractéristique des peuplements mono-spécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre, centrée sur la classe [20-40[dans les champs et les savanes arborées arbustives, sur la classe de [30-40[dans les périurbains et rural (Figure 2).

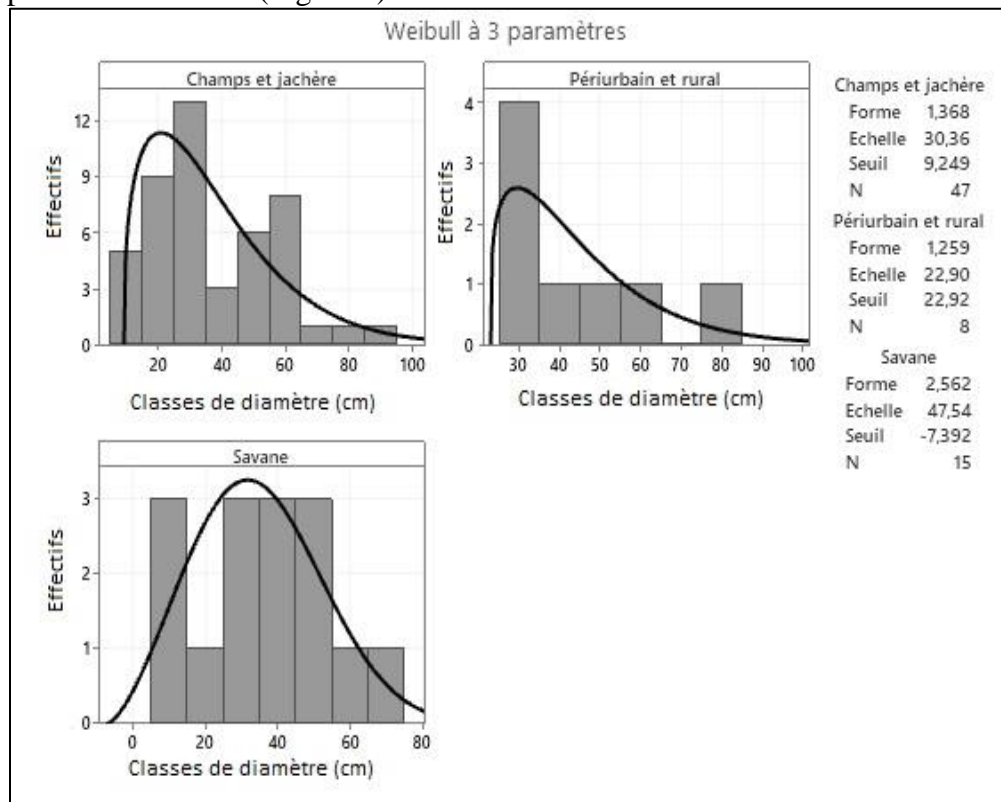


Figure 2. Répartition des individus par classe de diamètre

2.3. Distribution des pieds de *Parkia biglobosa* par classes de hauteur totale

L'analyse de la figure 3 a révélé que, toutes les distributions avaient une allure en cloche et présentaient une valeur du paramètre de forme (c) de la fonction de densité de Weibull à 3 paramètres comprise entre 1 et 3,6. Tout comme la structure diamétrique, la répartition par classes de hauteur totale des pieds de *Parkia biglobosa* des quatre populations a montré une prédominance de jeunes pieds. Les arbres de la classe de hauteur totale [6 – 9] étaient les plus dominants dans les champs et jachères, de [8 – 10] dans les périurbains et rural et [4 – 8] dans les savanes arborées arbustives.

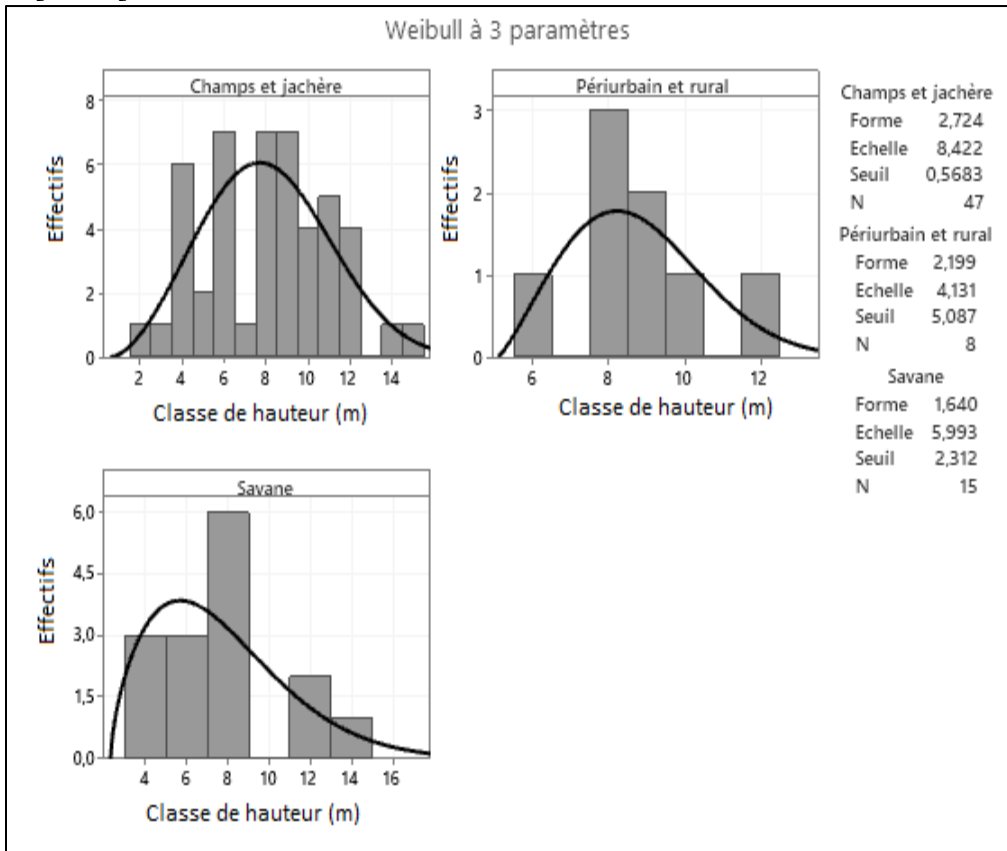


Figure 3. Répartition des individus par classe de hauteur

2.4. Caractéristiques socioéconomiques des vendeurs et transformatrices des graines

Les transformatrices de la graine en moutarde appelée Afitin achètent auprès des commerçants qui les importent des communes du Nord Bénin (Sinendé, Djougou, Nikki, Banikoara et aussi de Bembèrèkè) où se concentrent les parcs à néré. Les principaux acteurs de ce commerce sont des femmes (80%) du nord et 20% des communes de Djidja, Bohicon et Abomey

(revendeuses), L'exploitation dans les différents habitats des graines issues des parcs d'Abomey ou de Bohicon sont assurée par les femmes, mais très insuffisante pour satisfaire la demande des transformatrices. Ces transformatrices appartiennent essentiellement au groupe Fon. Pour la commercialisation, les graines sont dans les sacs de 120 ou de 140 kg. Les graines commercialisées sont vendues à 60 000 FCFA dans la période d'abondance c'est-à-dire de Mars à Avril et 100 000 FCFA en période de soudure.

Lors des activités de transformation, toutes les transformatrices des villages d'enquête ont signalé le recours à la main-d'œuvre familiale dont le nombre moyen est estimé en moyenne à 3 personnes. L'effectif moyen des travailleurs en équivalent-homme est estimé à 4 personnes par transformatrice. Les activités de terrain révèlent que, les transformatrices ont du mal à estimer le revenu de cette activité. Les revenus sont utilisés au quotidien pour satisfaire les besoins de leur famille et pour le transport. Les charges liées aux besoins de la famille sont très variables et sont fonction de la taille du ménage. Toutefois, ces transformatrices reconnaissent que l'activité est très rentable.

2.4.1. Menaces sur les populations de *Parkia biglobosa*

Les menaces qui pèsent sur *Parkia biglobosa* sont perçues de la même manière par la population locale. Il n'y a aucune relation entre la perception des menaces et le niveau d'instruction et le genre. La majorité de la population considère le prélèvement des organes comme la principale menace des populations de *Parkia biglobosa*. Cette menace est suivie de la commercialisation de l'exploitation forestière et enfin l'utilisation comme bois de service (Figure 4).

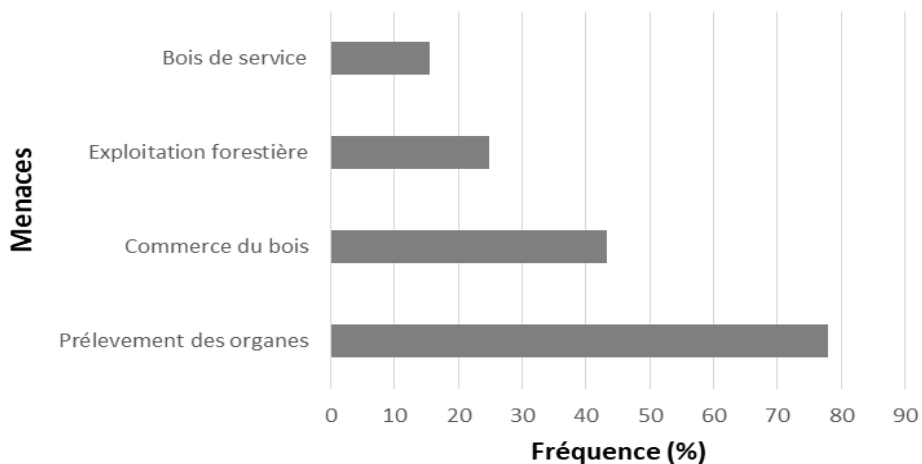


Figure 4. Perception des menaces qui pèsent sur la population de *Parkia biglobosa*

La projection des différentes menaces en fonction des groupes socioprofessionnels dans un système d'axe a montré que le premier axe expliquait 71,37% des informations relatives aux menaces et le deuxième axe expliquait 20,69% soit un total de 92,06% (Figure 5). Ceci a révélé que, les agriculteurs considéraient la carbonisation et l'exploitation des organes comme les menaces des peuplements de *P. biglobosa*. L'axe 2 les oppose aux transformatrices qui pensent que l'abattage, l'utilisation comme bois de feu, l'exploitation forestière et commercialisation du bois sont les menaces du peuplement de l'espèce. L'axe 1 oppose ces différentes perceptions de celles des ménagères et les guérisseurs qui considèrent l'utilisation de *P. biglobosa* comme bois de service est la principale menace de l'espèce (Figure 5)

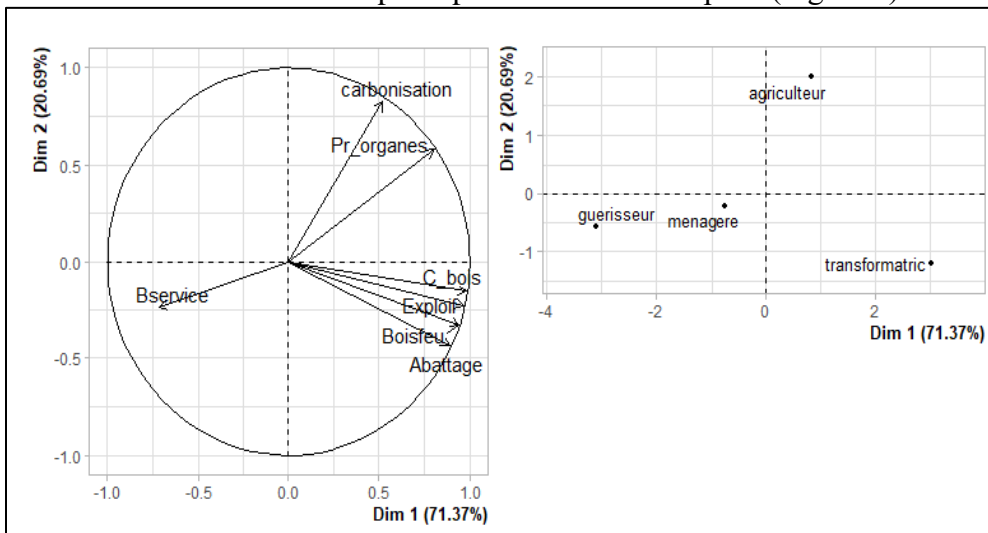


Figure 5. Projection des menaces dans un système d'axe en fonction de la profession

2.4.2. Mesures à mettre en œuvre pour la conservation de *Parkia biblobosa*

La conservation durable de *Parkia biblobosa* nécessite une stratégie efficace en vue des pressions qui pèsent sur leur habitat. La perception de cette population en fonction du genre. Pour la majorité des femmes, la sensibilisation de la population sur les conséquences de la régression de l'espèce suivit des formations sur les techniques sylvicoles et en fin l'enrichissement des forêts permettra de conserver et d'améliorer la rareté de l'espèce dans la zone (Figure 6).

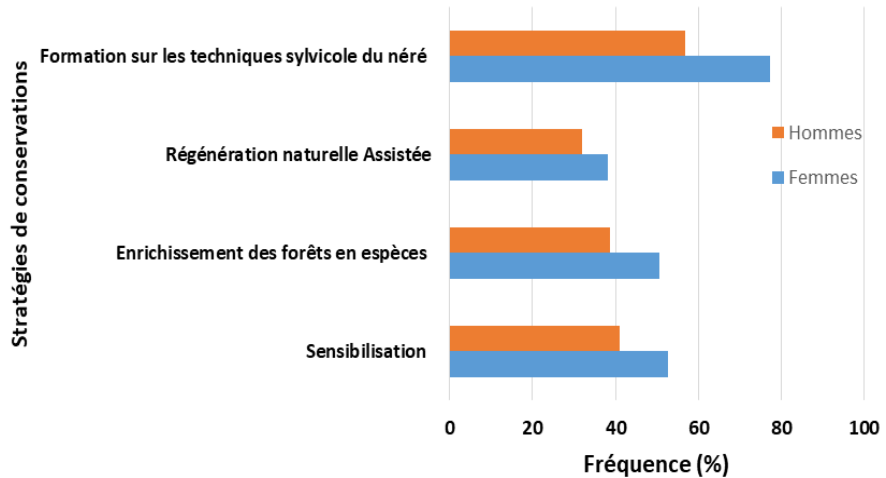


Figure 6. Perception locale des mesures de conservation de Parkia biglobosa en fonction du genre

L'analyse de la figure 7 a montré que, la perception sur les mesures de conservation de l'espèce était également fonction des groupes socioprofessionnels (Figure 7). Elle a montré la projection de ces perceptions dans un système d'axe. Ainsi, les ménagères ont pensé que la sensibilisation de la population et l'enrichissement des forêts étaient des mesures capitales pour la conservation de la population de l'espèce. Par contre, les transformatrices et les guérisseurs suggéraient l'initiative de formation sur les techniques sylvicoles de l'espèce. Pour les agriculteurs, les mesures à prendre consistaient à encourager les régénérations naturelles assistées et la mise en place d'un comité local qui va se charger de prévenir les autorités compétentes en cas d'abattage de l'arbre par les exploitants (Figure 7).

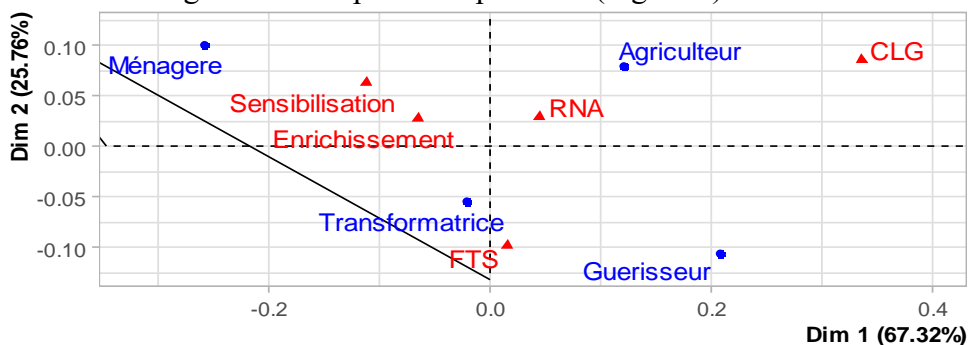


Figure 7. Projection de la perception locale des mesures de conservations dans un système d'axe

Légende : RNA : Régénération naturelle Assistant ; FTS : Formation Technique Sylvicole ; CLG : Comité Local de Gestion

3. Discussion

3.1. Caractérisation structurale, Formes et valeur d'usage de *Parkia biglobosa*

L'étude sur les caractéristiques dendrométriques des populations de *Parkia biglobosa* a été faite dans les communes de Bohicon et d'Abomey. La structure horizontale de *Parkia biglobosa* représentée par la répartition des individus par classe de diamètre revêt une grande importance en matière de gestion des formations végétales en ce sens qu'elle est une expression de la structure des populations d'espèces (Guezodjè, 2021). Elle traduit également la réaction des individus aux conditions écologiques influençant la croissance et aux traitements sylvicoles et l'état de la ressource (Sacandé & Clethero, 2007). Dans cette étude, la répartition par classe de diamètre présente une allure en cloche asymétrique positive caractéristique des peuplements monospécifiques avec prédominance d'individus jeunes ou de faible diamètre vers des individus de grand diamètre.

La distribution en cloche désaxée vers la droite a été observée par Natta et al., (2011a) pour *P. butyracea* dans la zone soudano-guinéenne ; par Sokpon et Biaou (2002) pour *Azelia africana* dans les différentes zones climatiques du Bénin. Ceci n'explique pas la conservation spécifique des peuplements de l'espèce dans les champs, jachère et zone périurbaine, mais aussi à sa perturbation ou sa vulnérabilité à certains stades de son développement (Ouédraogo et al., 2006). En effet, cette distribution horizontale observée pour *P. biglobosa*, tout comme celle de nombreuses espèces ligneuses à usages multiples, résulte de l'adaptation de la distribution naturelle de l'espèce aux différentes pressions et surtout anthropique (Natta et al., 2011a). Par ailleurs, la structure diamétrique est unique à chaque espèce et dépend de son tempérament (30). Au-delà de l'exploitation des fruits et des conditions écologiques, plusieurs autres facteurs pourraient affecter la structure en diamètre des espèces (Sokpon et Biaou, 2002). Cependant, malgré le comportement de la structure horizontale de l'espèce dans les différents peuplements, sa structure verticale est tout autre. Dans l'étude, la distribution par classe de hauteur du *P. biglobosa* présente une forme en cloche, caractéristique des peuplements avec prédominance d'individus à faible hauteur. Les résultats montrent aussi que, quatre types d'organes pour treize principales catégories d'usage ont été listés par les populations de la zone d'étude. Ces valeurs sont légèrement différentes de celles obtenues par Koura et al., (2011). Les organes du néré les plus exploités par la population enquêtée sont les graines, la pulpe des fruits et les feuilles. Ce qui témoigne de l'importance essentiellement alimentaire de l'espèce dans la zone d'étude. En effet, la transformation des graines constitue une source de condiments alimentaires et principal assaisonnement pour les sauces dans la région. Les résultats montrent que ce savoir-faire sur l'utilisation des graines et fruits de

P. biglobosa s'étend au-delà de l'Afrique de l'Ouest et traduit une certaine similitude dans les habitudes alimentaires des populations vivant dans l'aire de distribution de l'espèce (Abdourhamane et al., 2017 ; Bellefontaine et al., 20124). Ces organes sont riches en composés tels que les flavonoïdes, les tanins, les acides gras, les sucres et les protéines (Komolafe et al., 2014 ; Millogo-Koné, 2009). Dans notre étude, on note également que les populations locales confirment ces résultats à travers une pléthore d'usage médicinal (Guezodjè, 2021). En outre, la perception de la population locale sur les menaces qui pèsent sur la conservation de *P. biglobosa* varie selon les groupes socioprofessionnels. L'une des plus grandes contraintes de gestion liée à l'exploitation du néré dans la zone d'étude est la collecte intensive des fruits et graines qui réduit toutes les chances de régénération naturelle de l'espèce.

3.2. Importance économique de *Parkia biglobosa*

Les graines constituent l'organe le plus commercialisé du *P. biglobosa*. Ces résultats corroborent ceux de (Ganglo et al., 2017) qui sont parvenus à la même conclusion sur *Xylopia aethiopica* au nord Bénin. La vente des graines de néré est particulièrement l'activité des femmes de la zone d'étude. Par ailleurs, le fort taux de femme du nord ayant pour occupation la commercialisation en gros des graines de l'arbre est dû, au fait que les peuplements de *Parkia biglobosa* sont plus importants au niveau des parcs à néré du nord. En effet, plusieurs études ont montré que les acteurs qui animent la commercialisation des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) sont les collecteurs, transformatrices grossistes et les détaillants (Ganglo et al., 2017). Sur le plan économique, la commercialisation des graines du néré fournit des revenus et emploi pour de nombreux ménages en particulier les femmes, qui sont impliquées dans la transformation et la commercialisation des produits. Les PFNL sont des sources de revenus importants pour les acteurs impliqués dans leur commercialisation (Akpovi, 2011 ; Ganglo et al., 2017). Les transformatrices et les acteurs impliqués dans la commercialisation reconnaissent la rentabilité de l'activité malgré que sa contribution aux charges des besoins familiaux soit fonction de la taille du ménage.

3.3. Implication pour la gestion durable et la conservation de *Parkia biglobosa*

Le prélèvement des fruits du *Parkia biglobosa* affecte négativement les densités de régénération. Ses fruits sont souvent transportés à la maison pour la consommation ou même s'ils sont consommés sur place, les embryons de certaines graines peuvent être endommagés et compromettre ainsi la régénération (Fachola, 2019). Le mode de collecte des parties ou d'organes comme le cas de l'extraction des écorces et de l'écimage répété des arbres pose des problèmes de pérennisation des ressources. Lorsqu'il est fréquemment pratiqué dans le temps, l'écorçage compromet la survie des

espèces (Belem et al., 2008). Contrairement à la zone d'étude, *Parkia biglobosa* est préservée partout où il se trouve dans les localités du Nord-Bénin (Eyog- Matig et al., 1999). Ces actions de conservation et d'exploitation rationnelle des ressources forestières alimentaires méritent d'être soutenues et étendues dans tout le Bénin. Il y va de l'intérêt des générations futures et de la conservation de la biodiversité en général. L'éducation à l'environnement peut être organisée à l'intention des utilisateurs des parties de l'espèce. Un comité de gestion locale doit être mis en place pour sécuriser l'exploitation illégale de l'espèce. Les efforts de conservation doivent être étendus aux populations situées dans les champs et les habitations dans le cadre d'une gestion durable.

Conclusion

L'étude a permis d'analyser l'importance socioéconomique et de caractériser la structure de *Parkia biglobosa* dans les communes d'Abomey et de Bohicon. Il ressort principalement que la population locale a une bonne connaissance de l'importance de *Parkia biglobosa*. Bien que menacée par plusieurs facteurs anthropiques, l'espèce participe à l'amélioration des revenus des femmes qui sont pour la plupart impliquées dans la transformation des graines en moutarde « Afitin ». Aussi pour entreprendre des programmes de gestion durable de l'espèce, les placettes ont-elles été installées dans les différents habitats et il ressort que *P biglobosa* présente de façon générale une faible densité dans les communes de Bohicon et d'Abomey. La densité est plus forte dans les champs que les autres habitats telles que les savanes arborées et arbustives et dans les zones périurbaines. Cette forte densité dans les champs suggère une bonne volonté de la population à la conservation de l'espèce. La structure en diamètre et en hauteurs de *Parkia biglobosa* est en forme de cloche avec une prédominance des individus jeunes, caractéristique des peuplements avec prédominance d'individus à faible hauteur. L'exploitation des fruits et les mauvaises conditions écologiques influencent négativement la croissance en hauteur de cette espèce. D'une façon générale, les résultats obtenus suggèrent que la population de *Parkia biglobosa* présente dans son ensemble une structure peu stable et à terme une propension à la régression si rien n'est fait pour assurer leur renouvellement dans le plateau d'Abomey. Il est important de mettre en œuvre une régénération naturelle assistée et un enrichissement en espèces afin d'assurer la pérennité des services écosystémiques forestiers. Par ailleurs, des soins cultureux tels que l'ouverture de la canopée, le délianage sont nécessaires pour garantir la survie des plantules dans les stades de développement dans les écosystèmes abritant l'espèce. Aussi suggérons-nous une sensibilisation au niveau local sur les menaces qui pèsent sur *Parkia biglobosa* pour améliorer sa gestion durable.

Conflit d'intérêts : Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas d'intérêts concurrents

Contributions des auteurs : Les auteurs PDK, G A N. C. G ont participé à la collecte des données et à l'interprétation des résultats I IT, I Y ont contribué à la compilation et à la relecture finale de cet article.

Remerciements : Tous les auteurs de cet article, remercient très sincèrement, toutes ces personnes, notamment les commerçantes et les transformatrices des graines de *Parkia biglobosa* qui ont contribué à cette étude pour l'élaboration de cet article et les membres du Laboratoire de de Cartographie (LaCarto) de la FASHS de l'Université d'Abomey-Calavi pour leur implication dans la rédaction de ce manuscrit. Aussi le financement des travaux de cette recherche a-t-il été assuré par les fonds propres des quatre chercheurs.

References:

1. Abdourhamane H., Rabiou, H., Diouf, A., Morou, B., Mahamane, A., & Bellefontaine R., 2017. Structure démographique et répartition spatiale des populations de *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. Dusecteur sahélien du Niger. Bois et Forêts des Tropiques, 333(3) : 55–77. DOI :10.19182/bft2017. 333.a31468
2. Akpovi R., 2011. Commercialisation et valorisation des feuilles de teck dans le département de l'Atlantique (Sud-Bénin). Mémoire de maîtrise, Département de Géographie et Aménagement du Territoire. FLASH/UAC, pp. 61-67.
3. Assongba Y.F., Djego J.G., Sinsin B., 2013. Distribution des habitats de *Dialium guineense* (willd)(Fabaceae : Caesalpinioideae) dans les phytodistricts Est du Sud-Bénin. Bull. sci. Inst. natl. environ. conserv. nat., 12 (2013) 1 -16
4. Belem B., Smith C., Olsen I., Theiladé R., Bellefontaine S., Guinko A., Lykké, M., Diallo A. & Boussim I. J., 2008. Identification des Arbres hors forêts préférés des populations du Sanmatenga (Burkina Faso), Bois et Forêts des Tropiques, vol. 298, n° 4, pp.53-64.
5. Bellefontaine R., Malagnoux M., & Ichaou A., 2012. Techniques forestières et innovations dans les opérations de reboisement. In : La Grande Muraille Verte : Capitalisation des recherches et valorisation de savoirs locaux Dia A, Duponnois R (éds) ; Marseille, France, IRD Éditions, 493 p. (+ cédérom)
6. Camara B., Sagna B., Ngom D., Niokane M., Gomis Z.D.,2017. Importance socio-économique de *Elaeis guineensis* Jacq. (Palmier à huile) en Basse Casamance (SENEGAL). European Scientific Journal, 13 (12) (2017) 214 -230 doi: 10.19044/esj.2017.v13n12p214

7. Eyog-Matig O., Adjanohoun E., De Souza S. & Sinsin B., 1999. Programme de ressources génétiques forestières en Afrique au Sud du Sahara (programme Saforgen), Compte rendu de la première réunion du Réseau, Station IITA, Cotonou, Bénin, 145p.
8. Fachola O. B., Gbodja Gbesso F. H., Lougbegnon T. O. & Agossou N., 2019. Gestion durable de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R.Br. Ex G. Don, de *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. et de *Uvaria chamae* P. Beauv., trois espèces végétales autochtones utilisées dans le département du Plateau au Sud-Est Benin. Annales de l'Université de Moundou, Série A - Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Vol.6 (1), Oct. 2019, ISSN 2304-1056. 21p.
9. FAO. 2009. The state of Security in the World. Agricultural Organization of the United Nations Rome. 180 p.
10. Ganglo C., Dan C., Aoudji A.K.N., Gbetoho A.J. & Ganglo J.C., 2017. Importance Socio-Économique De *Xylopia Aethiopica* (Dun) A. Rich. Pour Les Populations Du Sud-Bénin. ESJ 13, 187. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n33,187> p.
11. Guezodjè G. N. A. C., 2021. Caractéristiques structurales et importance socio-économique de l'exploitation de *Parkia biglobosa* (JACQ.) R. BR. EX G. Don dans les communes de Bohicon et d'Abomey au Bénin. Mémoire de fin de formation pour l'obtention du Diplôme de Master en Sciences de l'environnement et Développement durable à l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), Bénin. 43p.+Annexes
12. Gutierrez M. L., 2000. Un exemple d'intégration des femmes dans la filière du néré : Production et commercialisation de l'Afitin fon dans la région d'Abomey-Bohicon au Bénin. CERNA, CNEARC, CIRAD ISBN 2-87614-410-7.
13. Herrero-Jauregui C, Garcia-Fernandez C, Sist P. L, Casado M. A., 2012. Recruitment dynamics of two low-density n2otropical multiple-use tree species. *Plant Ecology*, 212 (9) : 1501-1512
14. Houehanou DT, Assogbadjo AE, Chadare FJ, Zanzo S, Sinsin B. 2016. Approches méthodologiques synthétisées des études d'ethnobotanique quantitative en milieu tropical. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, 20 (numéro Spécial) : 187-205.
15. INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique), (2013): quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH4). Février, 2013, Dynamique de la population, Cotonou, Bénin. 117p.
16. Kombienou P.D., 2016. Influences des systèmes de productions agricoles sur l'occupation des terres, la fertilité des sols et l'agro-biodiversité en zone montagneuse au nord-ouest du Bénin. Thèse de

- Doctorat Unique, EDP/FLASH/ UAC, Cotonou, Bénin, 281 pages + Annexes
16. Komolafè K., Olaleyé T.M., Omotuyi O.I., Boligon A.A., Athayde M.L., Akindahunsi A.A., & Da Rocha J.B.T., 2014. *Parkia biglobosa* Improves Mitochondrial Functioning and Protects against Neurotoxic Agents in Rat Brain Hippocampal Slices. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 3: 15p.DOI: 10.1155/2014/326290.
 17. Kouakou K.A., Barima Y.S.S., Zanh G.G., Traoré K. et Bogaert J., 2017. Inventaire et disponibilité des produits forestiers non-ligneux utilisés par les populations riveraines de la Forêt Classée du Haut-Sassandra après la période de conflits armés en Côte d'Ivoire. *Tropicicultura*, 35 (2) (2017) 121 – 136.
 18. Koura K., Ganglo J.C., Assogbadjo A.E., & Agbangla C., 2011. Ethnic differences in use values and use patterns of *Parkia biglobosa* in Northern Benin. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedecine*, 7: 42. <http://www.ethnobiomed.com/content/7/1/42>
 19. Kpadonou R.A.B., Adégbola P.Y. & Tovignan S.D., 2010. Local knowledge and adaptation to climate change in Ouémé valley, Benin. *African Crop Science Journal*, Vol. 20, Issue Supplement s2, pp. 181 - 192 ISSN 1021-9730/2012 \$4.00 Printed in Uganda. All rights reserved.
 20. Lamien N., Ekue M., Ouédraogo M., & Loo J., 2011. *Parkia biglobosa*. African locust bean: conservation and sustainable use of genetic resources of priority food tree species in Sub-Saharan Africa. Bioversity International, Rome.
 21. Millogo-Koné H., Lompo M., Kini F., Asimi S., Guissou I.P, & Nacoulma O., 2009. Evaluation of flavonoids and total phenolic contents of stem bark and leaves of *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. (Mimosaceae)-free radical scavenging and antimicrobial activities. *Research Journal of Medical Sciences*, 3(2): 7074.<http://medwelljournals.com/abstract/?doi=rjmsci.2009.70.74>.
 22. Norman D. A., 1973. Memory, knowledge, and the answering of questions. In R. L. Solso (Ed.), *Contemporary Issues in Cognitive Psychology: The Loyola Symposium*. Washington, D.C.: Winston, 1973 (Distributed by Halsted Press, John Wiley and Sons).43 p.
 23. Pellissier L., Rohr, R. P., Ndiribe C., Pradervand J.N., Salamin N., Guisan A. & Wisz M., 2013. Combining food web and species distribution models for improved community projections. *Ecology and evolution*, 3(13), 4572-4583.
 24. Natta A. K., Yédomonhan H., Zoumarou-Wallis N., Houndéhin J., Ewédjè E.B.K. & Glèlè Kakaï R.L., .2011a. Typologie et structure des populations naturelles de *Pentadesma butyracea* dans la zone soudano-

- guinéenne du Bénin, *Annales des Sciences Agronomiques*, 15, pp. 217-243.
25. Natta A. K., Adomou A.C., Tchabi V.I., Sogbegnon A.R., Mensah G.A., & Sinsin B.A., 2011 b. Inventaire, typologie et structure des populations naturelles de *Pentadesma butyracea* (Clusiaceae) de la chaîne de l'Atacora au Nord-Ouest du Bénin, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 70, pp. 10-24.
 26. Nchoutpouen C, Mapongmetsem PM, Zapfack L, Ngo Peck ML. 2009. Effect of land use systems on structure and population of *Parkia biglobosa* in the Sudano-guinean savannah. *Forests, Trees and Livelihoods*, 19 : 69–79.
 27. Ræbild A., Hansen U.B., Kambou S., 2012. Regeneration of *Vitellaria paradoxa* and *Parkia biglobosa* in a parkland in Southern Burkina Faso. *Agroforestry Systems*, 85: 443–453. DOI: 10.1007/s10457-011-9397-0.
 28. Regnier C., Achaz G., Lambert A., Cowie R. H., Bouchet P. & Fontaine B., 2015. Mass extinction in poorly known taxa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(25), 7761-7766.
 29. Rondeux J., 1999. La mesure de populations forestières. *Presses agronomiques de Gembloux*, 522 p
 30. Sacande M. & Clethero C., 2007. *Parkia biglobosa* (Jacq.) G. Don. Seed Leaflet, Forest and Landscape Denmark. N°124, Septembre, 2p.
 31. Sambou, B., 2004. « Evaluation de l'état, de la dynamique et des tendances évolutives de la flore et de la végétation ligneuses dans les domaines soudanien et sub-guinéen au Sénégal », Thèse d'Etat, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal, (2004)
 32. Sagna B., Ngom D., Diedhiou M.A.A., Camara B., Goudiaby M., Mané A.S., 2019. Importance socioéconomique des parcs agroforestiers à *Elaeis guineensis* Jacq. dans la région de Cacheu (Guinée-Bissau). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13 (7) (2019) 3289 -3306
 33. Sokpon N. & Biaou H. S., 2002. The use of diameter distribution in sustained-use management of remnant forests in Benin: case of Bassila forest reserve in North Benin, *Forest Ecology and Management*, 161, pp. 13-25.



Undescended Testis Revealing Triorchidism in a Child: A Case Report

Barry Thierno Saidou

Service of Pediatric Surgery, Donka Natinal Hospital, Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Conacky, Guinea

Ibrahima Bocar Welle

Service of Pediatric Surgery, Albert Royer National Children's Hospital Center, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal

Keita Balla

Mamadou Alpha

Service of Pediatric Surgery, Donka Natinal Hospital, Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Conacky, Guinea

Florent Tshibwid A Zeng

Service of Pediatric Surgery, Albert Royer National Children's Hospital Center, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal

Sacko Mohamed Lamine Sadou

Diallo Mamadou Alpha

Daniel Agbo-Panzo

Service of Pediatric Surgery, Donka Natinal Hospital, Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Conacky, Guinea

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p108](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p108)

Submitted: 19 March 2022
Accepted: 03 August 2022
Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Saidou B. T., Welle I.B., Balla K., Alpha M., Zeng F.T.A., Sadou S.M.L., Alpha D.M. & Agbo-Panzo D. (2022). *Undescended Testis Revealing Triorchidism in a Child: A Case Report*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 108.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p108>

Abstract

Polyorchidism is a rare genitourinary congenital malformation, which diagnosis is generally fortuitous in children. We report the case of a 7-year-old boy admitted to the pediatric surgery service of Donka University Hospital in Conakry for an empty left scrotum. Initially, the diagnosis of left cryptorchidism had prompted orchidopexy by inguinal approach, whose intraoperative exploration revealed two undescended left testicles. The first,

located at the deep ring of the inguinal canal, had normal volume, while the second, located in the inguinal canal, was hypotrophic. The orchiectomy of the latter was performed, associated with a dartos-pouch orchidopexy of the testicle of normal volume. After one year of follow-up, no complications were noted.

Keywords: Polyorchidism, Triorchidism, Undescended Testis, Child

Introduction

Polyorchidism, or the presence of three or more testicles, is a rare urogenital congenital malformation, first described in postmortem by Ashfeld in 1880 (Sarr et al., 2015; Lustig et al., 2017). Since then, more than 200 cases have been reported in the literature (Lustig et al., 2017; Mahmoudi et al., 2010). In children, polyorchidism is incidentally discovered during the surgical management of patent vaginalis, hydrocele, cyst of the spermatic cord, or most frequently, during orchidopexy indicated for undescended testis (UDT) (Mahmoudi et al., 2010). We report a case of triorchidism in a 7-year-old boy, incidentally discovered during an orchidopexy indicated for left cryptorchidism. We discuss the epidemiological, diagnostic, and therapeutic aspects.

Observation

A 7-year-old boy was admitted to our pediatric surgery service at Donka University Hospital in Conakry (Guinea) for left scrotal vacuity noted by the parents since birth. The parents did not previously initiate any seeking for a medical solution. The mother's concern about the patient's future fertility motivated the present consultation. The mother did not report the use of contraceptive medication prior to the patient's conception nor other hormonal drugs during the pregnancy. The patient was born at full term (39 weeks), and weighed 3200 grams. On admission, general physical examination was unremarkable. A left scrotal hypotrophy was noted, with an absence of the left testis within the scrotum. However, a gonad was palpated in the ipsilateral inguinal region without possibly being lowered to the scrotum. The right testicle was intrascrotal, with normal size. The remainder of the examination was unremarkable. Ultrasound (US) confirmed a left inguinal undescended testis, which had a normal size for age (15x8x9mm with a volume of 0.49 ml). Its margins were smooth and its echostructure normal, without focal or diffuse lesions. The diagnosis of left cryptorchidism was made, and after informed consent was obtained from the mother, we indicated a dartos-pouch orchidopexy.

Method of operation

After a 3 cm left inguinal approach, surgical exploration revealed two testes: the first (of normal volume) at the level of the deep inguinal ring and the second (hypotrophic) in the left inguinal canal. The two testes were completely separated, each with its epididymis and vas (**Figure 1**). The left vaginalis was patent concordant with Group D of Leung's Anatomical Classification of Polyorchidism (**Leung, 1988**).

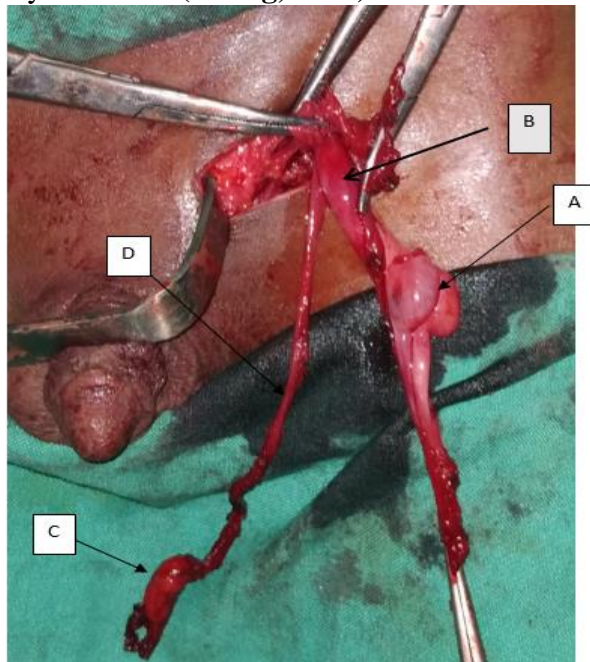


Figure 1. Intraoperative findings

Note duplication of the testis, epididymis, and vas deferens. The normal testis (A) had normal volume for age and eutrophic spermatic cord (B), while the supernumerary testis is hypotrophic (C), as its spermatic cord (D). We performed ligation of the patent vaginalis, with dartos-pouch orchidopexy of the healthy left cryptorchidic testis, along with orchietomy of the hypotrophic supernumerary left cryptorchidic testis.

The patient received oral paracetamol (60 mg/kg QID) for seven days. The discharge occurred on a postoperative day 1. The surgical specimen (supernumerary left testis) was sent to pathology, which concluded sclerotic fibrosis of the hypotrophic testis and its epididymis and vas. After a 12-month follow-up, the left testis was palpable in the dartos-pouch, and the ultrasound showed normal structure and normal size for age.

Discussion

Polyorchidism is a rare urogenital malformation; more than 200 cases have been reported (**Sarr et al., 2015; Lustig et al., 2017; Bahloul et al. 2011; Teklali et al; 2007**). Some authors stated that its incidence is underestimated because polyorchidism can remain asymptomatic. Poor knowledge of this malformation and the rarity of pathology examination of inguinoscrotal masses could explain this.

Triorchidism is the most common presentation of polyorchidism, and the supernumerary testis is generally hypotrophic (**Lustig et al., 2017**). The patients present at any age, with a wide variability (**Sarr et al., 2015; Mahmoudi et al., 2010; Bahloul et al., 2011**). The supernumerary testes are usually located in the scrotum. However, they can be cryptorchidic in the inguinal region or the abdomen. They are often found on the left side, as in our case. The most common associated abnormalities are patent vaginalis, spermatic cord torsion, testicular malignancy, and undescended testis (UDT), as in our patient (**Sarr et al., 2015; Lustig et al., 2017; Naouar et al., 2007**). Polyorchidism is commonly asymptomatic; thus, fortuitously discovered by palpating two testicles in a hemiscrotum during the physical examination for another condition. Sometimes inguinal pain or acute or non-acute scrotal swelling can happen (**Naouar et al., 2007**). The diagnosis can be confirmed by ultrasound for non-cryptorchidic supernumerary testis or by magnetic resonance imaging (**Leung, 1988; Hatri et al., 2014**). In our patient, the US identified a single cryptorchidic testis, overlooking the supernumerary hypotrophic testis, which was also undescended. This can be explained by the fact that the US is not specific in diagnosing UDT. In most cases, the discovery is incidental during surgical procedures of UDT or pathologies of the vaginalis (**Bahloul et al., 2011**). This was the case in our patient, with incidental discovery during an open left orchidopexy.

The therapeutic approach to polyorchidism remains controversial (**Sarr et al., 2015; Lustig et al., 2017**). The conservative management of the supernumerary testis is very controversial and considers the risk of subfertility and malignant degeneration (**Sarr et al., 2015; Mahmoudi et al., 2010; Teklali et al., 2007**). Based on advances in imaging, some authors recommend conservative treatment of the supernumerary testicle, particularly for groups B and C of Leung's classification. This allows avoidance of epididymal and deferential lesions and thus improves the potential for fertility in young subjects. Additionally, a supernumerary testicular orchidopexy is made to avoid the torsion of its spermatic cord (**Sarr et al., 2015**). Regular clinical and ultrasound follow-up is required (**Teklali et al, 2007; Naouar et al., 2007; Hatri et al., 2014**). On the other hand, other authors favor orchiectomy of the supernumerary testis in case of an incidental discovery due to the risk of

malignancy, which happens in 1% to 7% (**Bahloul et al., 2011; Naouar et al., 2007; García et al., 2021**). In our patient, an orchietomy of the supernumerary testicle was performed, associated with dartos-pouch orchidopexy of the normal left testis. Our therapeutic approach is justified firstly by the fact that the supernumerary testicle was hypotrophic, then less helpful in reducing the risk of subfertility. Secondly, we aimed to reduce the double risk of malignant degeneration in our patient as both UDT and supernumerary testis are their risk factors.

Conclusion

Polyorchidism is a rare genitourinary congenital malformation, mainly discovered incidentally. Each pediatric surgeon should master its management principles so that when incidental discovery is made during orchidopexy or other surgeries of the inguinal region, the best decision would be taken in the patient's interest.

Consent for publication: We obtained written consent from the mother of our patient.

Conflict of interest: Authors declare that they have no competing interests.

Authors' Contribution: All mentioned authors contributed to this work and approved the latest version of the manuscript as submitted.

Acknowledgment: The author FTAZ is grateful to *Else-Kröner-Fresenius-Stiftung*, *Holger-Poehlmann-Stiftung*, and the NGO *Förderverein Uni Kinshasa e.V., fUNIKIN* through the excellence scholarship program “Bourse d’Excellence Bringmann aux Universités Congolaises, BEBUC”, which funds his specialization in pediatric surgery.

References:

1. Sarr A, Fall B, Sow Y, Thiam A, Ondo CZ, Sine B, Diao B, Fall PA, Ndoye AK, Ba M, Diagne A B. Polyorchidism: about a new observation in Senegal. *Rev med Madag* 2015; 5(2): 597-599.
2. Lustig DB, Kathryn M, Ahmed N. Management of supernumerary testis: a rare case of polyorchidism in a 2-year-old boy. *Ann Pediatr On* 2017 ,13:225227.
3. Mahmoudi A, Amraoui N, Rami M, Khattala K, Afifi A, Bouabdallah Y. Polyorchidism in children: extremely rare anomaly about a case. *Arch Pediatr* 2010; 17(6):58–59.
4. Leung AK. Polyorchidism. *Am Fam Physician*. 1988 Sep;38(3):153-6.

5. Bahloul A, Nabolsi S, Hassen T, Bahloul A, Mhiri M N. Polyorchidism: about a case and review of the literature. *Androl* 2011; 21:99-101.
6. Teklali Y, Piolat C, Jacquier C , Nugues F, Dyon J F. Polyorchidism in children: about a case with review of the literature. *Prog urol.* (2007) 17:872-4.
7. Naouar S, Maazoun K, Sahnoun L, Mekki M, Belghith M, Nouri A. Polyorchidism: apropos of two cases. *Prog Urol* 2007; 17:1008–9.
8. Hatri F, Hannou S, Ghemroud K, Yazı A. Polyorchidism apropos of a case. *Arch de Pediatr* 2014;21:888-990.
9. García BN, García NA, Gaspar MP, Miró CE, Martínez SS, Alvarenga JEB, Vela BSV, Gómez JJ, Arribas P J. Polyorchidism in pediatric patients: a case report and a literature review. *R Cir pediatr* 2021 34(3): 160-161.

Ecologie et Répartition Spatiale des Peuplements des Siluriformes dans deux Rivières Forestières Yoko et Biaro (Province Tshopo, Fleuve Congo, R.D. Congo)

Richard Mahamba Byanikiro

Université de Goma, Domaines des Sciences Agronomiques et Environnement, Département des Sciences de base, Goma, R .D. Congo
Université de Kisangani, Domaines des Sciences et Technologie, Département d'Hydrobiologie, Kisangani, R .D. Congo

Alidor Kankonda Busanga

Université de Kisangani, Domaines des Sciences et Technologie, Département d'Hydrobiologie, Kisangani, R .D. Congo

Jean-Claude Micha

Ecole Régionale post universitaire d'Aménagement et de gestion Intégrés des Forêts Tropicales et Territoires Tropicaux (ERAIFT), UNIKIN, Kinshasa, R. D. Congo et Professeur Emérite à l'Université de Namur (UN), Unité de Recherche en Biologie Environnementale et Evolutive (URBEE), Belgique

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p114](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p114)

Submitted: 25 January 2021
Accepted: 23 May 2022
Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Byanikiro R.M., Busanga A.K. Micha J.C. (2022). *Ecologie et Répartition Spatiale des Peuplements des Siluriformes dans deux Rivières Forestières Yoko et Biaro (Province Tshopo, Fleuve Congo, R.D. Congo)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 114.
<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p114>

Résumé

La présente étude sur l'écologie et la répartition des Siluriformes entreprise de septembre 2008 à août 2009, a pour but de caractériser et de déterminer les facteurs responsables de la distribution spatio-temporelle des Siluriformes dans les rivières Yoko et Biaro dans la Réserve forestière de Yoko. Des filets maillants, palangres et nasses traditionnelles ont été utilisés pour capturer les poissons. Ainsi, 572 silures au total, repartis en 15 espèces appartenant à 9 genres et 6 familles ont été récoltés. Les Clariidae et Claroteidae sont les plus diversifiées avec respectivement : 5 et 4 espèces chacune. L'indice de diversité de Shannon varie de 1,54 à 0,40 ; tandis que,

celui de Simpson oscille entre 0,75 et 0,18 et l'équitabilité entre 0,86 et 0,29. Ce qui indique une biodiversité élevée mais dont l'équilibre et la structure varient selon les stations. L'Analyse en Composantes Principales (ACP), l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et l'Analyse Canonique des Correspondances (ACC) montrent qu'il existe, d'une part, des liens entre les stations Yoko 1, 2, 3 et 4 et Biaro 3 et d'autre part, entre les espèces *Schilbe marmoratus*, *Clarias (Anguilloclarias) ebriensis*, *Schilbenigrita*, *Clarias buthupogon*, *Clarias pachynema* et *Parauchenoglanis punctatus*, du fait de la corrélation positive qui existe entre les paramètres abiotiques et la végétation ripicole. De même, *Schilbe grenfelli*; *Anaspidoglanis macrostoma* et *Chrysichthys (Melanodactylus) dageti* sont respectivement liées aux stations Biaro 1, 2 et 4, du fait de la corrélation positive existant avec les variables végétation ripicole, température de l'eau élevée (avoisinant 24°C), vitesse de l'eau moyennement faible (variant entre 0,29 et 0,37 m/s) d'une part et d'autre part, du fait de plus grande profondeur de l'eau (0,67 m), plus grande largeur de rivière (17,9 m) et oxygène dissous légèrement déficitaire. Et enfin, du fait de la nature des substrats (sablonneux, caillouteux, rocheux garni de pierres, feuilles mortes, bois morts et débris végétaux). Ceci atteste, que les variables environnementales (abiotiques et biotiques) agissent ensemble dans la répartition spatiale des peuplements des Siluriformes.

Mots-clés: Biodiversité des silures, habitats, variables environnementales, distribution spatiale, petites rivières forestières

Ecology and Spatial Distribution of Siluriformes Stands in Two Forest Rivers, Yoko and Biaro (Pro. Tshopo, Congo River, R.D. Congo)

Richard Mahamba Byanikiro

Université de Goma, Domaines des Sciences Agronomiques et Environnement, Département des Sciences de base, Goma, R .D. Congo
Université de Kisangani, Domaines des Sciences et Technologie, Département d'Hydrobiologie, Kisangani, R .D. Congo

Alidor Kankonda Busanga

Université de Kisangani, Domaines des Sciences et Technologie, Département d'Hydrobiologie, Kisangani, R .D. Congo

Jean-Claude Micha

Ecole Régionale post universitaire d'Aménagement et de gestion Intégrés des Forêts Tropicales et Territoires Tropicaux (ERAIFT), UNIKIN, Kinshasa, R. D. Congo et Professeur Emérite à l'Université de Namur (UN), Unité de Recherche en Biologie Environnementale et Evolutive (URBEE), Belgique

Abstract

This paper on the ecology and distribution of Siluriformes, undertaken from September 2008 to August 2009, focuses on characterizing and determining the factors responsible for the spatio-temporal distribution of Siluriformes in the Yoko and Biaro rivers in the Yoko Forest Reserve. Gillnets, longlines, and traditional traps were used to catch the fish. 572 catfish in total, divided into 15 species, belonging to 9 genera and 6 families were collected. The Clariidae and Claroteidae are the most diversified with 5 and 4 species each respectively. Shannon's diversity index varies from 1.54 to 0.40, while that of Simpson oscillates between 0.75 and 0.18 and the equitability between 0.86 and 0.29. This indicates a high biodiversity but their balance and structure varies according to the stations. Principal Component Analysis (PCA), Factorial Correspondence Analysis (FCA), and Canonical Correspondence Analysis (CCA) show that there are, on the one hand, links between stations Yoko 1, 2, 3 and 4 and Biaro 3 and, on the other hand, between the species *Schilbe marmoratus*, *Clarias (Anguilloclarias) ebriensis*, *Schilbe nigrita*, *Clarias buthupogon*, *Clarias pachynema* and *Parauchenoglanis punctatus*. This is due to a positive correlation that exists between the abiotic parameters and the riparian vegetation. Likewise, *Schilbe grenfelli*, *Anaspidoglanis macrostoma*, and *Chrysichthys (Melanodactylus) dageti* are respectively linked to Biaro stations 1, 2, and 4. This also is due to

the positive correlation existing with the variables riparian vegetation, high water temperature (around 24°C), and speed of moderately low water (varying between 0.29 and 0.37 m/s) on the one hand. On the other hand, it is due to greater water depth (0.67 m), greater river width (17.9 m), slightly lower dissolved oxygen, and finally because of the nature of the substrates (sandy, stony, rocky topped with stones, dead leaves, dead wood and plant debris). This shows that the environmental variables (abiotic and biotic) act together in the spatial distribution of Siluriformes populations.

Keywords: Catfish biodiversity, habitats, environmental variables, spatial distribution, small forest rivers

Introduction

Les Siluriformes constituent un groupe de poissons de grande importance, tant sur les plans de la diversité spécifique et biogéographique (Teugels, 1996; Arratia *et al.*, 2003; Diogo, 2005; Nelson, 2006) que sur le plan économique (Ducarme & Micha, 2003). Ils représentent près du tiers des poissons d'eau douce connus dans le monde, repartis en 34 familles (dont deux fossiles) comprenant 437 genres et plus de 2700 espèces (Teugels & Adriaens, 2003 ; Diogo, 2005). En majorité d'eaux douces et/ou saumâtres (Teugels, 1996), les Siluriformes se retrouvent en Amérique (nord, centre et sud), en Afrique, en Eurasie, en Asie du sud-est, au Japon et en Australie (Teugels, 1996; Diogo, 2005).

La connaissance scientifique de l'ichtyofaune africaine est récente et constitue encore un domaine insuffisamment exploré (Lévêque & Paugy, 2006). De nombreux cours d'eau ne sont pas encore explorés dans certains pays et certains cours d'eau n'ont pas encore fait l'objet d'inventaire systématique, leur ichthyofaune étant extrapolée à travers celle d'une partie de leur bassin versant. Cette situation se traduit par des données fragmentaires pour les cours d'eau. Des travaux d'aménagement démarrent souvent sans une réelle base de données pour la faune ichthyologique (Sanogo *et al.*, 2012). En République Démocratique du Congo, il n'y a jamais eu d'inventaire exhaustif de la faune ichthyologique des eaux en général et en particulier de la région de Kisangani et ses environs. Même à l'échelle d'une rivière ou d'un plan d'eau, les informations disponibles sur l'ichtyofaune y sont très fragmentaires et anciennes.

Dans la région de Kisangani (Congo moyen), les travaux de Kimbembé (1988), De Vos (1990), Danadu *et al.* (2003), Osomba *et al.* (2013), Danadu (2014), Decru *et al.* (2017) sont axés sur la systématique, la biologie et l'écologie des poissons de quelques rivières, mais sans avoir fourni des informations sur l'ensemble des peuplements ichthyologiques de rivières étudiées.

Or, dans la politique de préservation des ressources naturelles pour une utilisation durable et rationnelle se trouve en premier plan l'inventaire systématique et le dénombrement des espèces vivantes (N'Zi *et al.*, 2003). Par ailleurs, la gestion des ressources nécessite d'acquérir de bonnes connaissances sur la biologie et l'écologie des espèces exploitées (Konan *et al.*, 2014). Ainsi, une bonne connaissance des espèces de poissons et la caractérisation des facteurs qui influencent leur distribution est un préalable à toute mesure de conservation de la faune ichtyologique (Lalèyè *et al.*, 2004 ; Wu *et al.*, 2011; Kamelan *et al.*, 2013).

Afin d'avoir une meilleure vue d'ensemble des peuplements des rivières, deux rivières forestières ont fait l'objet de cette étude, l'une en aires protégées et l'autre en zones exploitées, où leurs peuplements ichtyologiques globaux ont déjà été caractérisés (Mahamba *et al.*, 2018) et plus particulièrement les peuplements de Mormyridae (Mahamba *et al.*, 2017). La présente étude porte sur l'écologie et la structure de peuplements de Siluriformes, particulièrement abondants dans les petits cours d'eau forestiers, dont les rivières Yoko et Biaro, affluents du fleuve Congo.

Materiel et methodes

Milieu d'étude

L'étude a été conduite dans deux petites rivières (Yoko et Biaro) en territoire d'Ubundu, province de la Tshopo, République Démocratique du Congo. Huit stations d'échantillonnage ont été sélectionnées dans les rivières Yoko et Biaro en tenant compte de la permanence de l'eau, du poisson, du type de forêt, de la ripisylve, de la nature de fond, de la pente et de la berge mais également des zones d'exploitation et de la réserve dont, quatre sont localisées dans la Réserve de Yoko (Yoko 3 et 4 et Biaro 3 et 4) et les quatre autres (Yoko 1 et 2 et Biaro 1 et 2) en dehors de la Réserve, en zone d'exploitation forestière.

Les données relatives aux variables environnementales (caractérisation hydromorphologique) et aux caractéristiques biocénétiques végétales ripariennes de ces 8 stations ont déjà fait l'objet de descriptions, d'analyses et de publications (Mahamba *et al.*, 2017, 2018). C'est pourquoi dans le présent document, ont été essentiellement décrits, les peuplements de silures de ces stations et référence a ensuite été faite aux publications antérieures (Mahamba *et al.*, 2017, 2018) pour leur mise en perspective environnementale (abiotique comme biotique dont la végétation macrophytique riparienne)).

Echantillonnage et analyse

Les échantillons de poissons chats ont été récoltés de septembre 2008 à août 2009 à l'aide des différentes techniques : filets maillants de 20 m de long

et de 1 m de hauteur de chute à mailles entre-nœuds de 1,5 ; 2 ; 2,5 et 3 cm ; nasses traditionnelles d'environ 1 m de long et 30 cm de diamètre, lignes individuelles et palangres de 25 m de long avec hameçons numéros : 8 ; 10 ; 12 ; 14 ; 16 ; 18 et 20 appâtés de vers de terre, de mollusques, de petits poissons, etc. Les pêches ont toutes été effectuées la troisième semaine de chaque mois. Sur le terrain, les engins et techniques de pêche ont été standardisés pour toutes les stations. Les travaux d'installation des techniques de pêche se déroulent entre 17h et 18h -à chacune des 8 stations sélectionnées dans les rivières Yoko et Biaro. L'échantillonnage des poissons a été réalisé avec une fréquence cumulée de trois nuits d'effort de capture par station et par mois. La technique a consisté à mettre en place les filets et palangres parallèlement au courant d'eau, tandis que les nasses et les lignes ont été placées dans des endroits stratégiques sur les bords des rivières dans les différentes stations entre 17 et 18h. Ces engins sont relevés le lendemain entre 6 et 7h. Après le relevé des filets, les spécimens récoltés ont été conservés dans des bocaux en plastique de quatre litres contenant une solution de formol à 4 %. Les échantillons des poissons conservés au laboratoire ont été déformolisés et identifiés au moyen des clés de détermination de : Lévêque et Paugy (1984), Teugels (1986), Poll et Gosse (1995), Paugy *et al.* (2003), Mbega (2004), Sudarto *et al.* (2004), Danadu (2014), suivi de la consultation du Key to Congo Claroteidae (Hardman, 2006) et de Fishbase <http://www.fishbase.org/summary/FamilySummary.php?ID=40>. Le reste des poissons capturés a déjà fait l'objet de publications (Mahamba *et al.*, 2017, 2018).

Analyses statistiques et traitement des données

Les indices biologiques calculés à partir des effectifs des poissons chats sont:

l'Indice de diversité de Shannon s'exprime par la relation suivante :

$$H' = - \sum (n_i/N) \ln (n_i/N), \text{ où}$$

H' = indice de Shannon & Weaver (1949) ; n_i = nombre d'individus du taxon i ; N = nombre total d'individus de la population. L'équitabilité, rapport de la diversité réelle à la diversité maximale, s'obtient en divisant l'indice de diversité de Shannon par le logarithme en base 2 de la richesse spécifique (Piélou, 1969). Selon Dajoz (1996), la formule utilisée est la suivante : $E = H'/\log_2 S$. Où E = équitabilité ; H' = indice de Shannon et Weaver (1949) ; S = richesse spécifique. Selon Barbault (2000) et Dajoz (2000), une bonne organisation du peuplement se traduit par une équitabilité proche de 1. Une équitabilité faible résulte de la prédominance de quelques espèces sur l'ensemble des autres taxons.

- l'Indice de diversité (1-D) de Simpson est représenté par 1-D, le maximum de diversité étant représenté par la valeur 1, et le

minimum de diversité par la valeur 0 (Bütler, 2000). $D = \sum f_i^2$ où : $f_i = n_i/N$; n_i : nombre d'individus de l'espèce donnée ; N : nombre total d'individus.

- l'Indice de similarité de Jaccard (Legendre & Legendre, 1998 ; Angelier, 2000) : $IS = N_c * 100 / (N_a + N_b - N_c)$ est utilisé en vue de comparer les différents types d'échantillonnage sur la base de la présence/absence des taxons. IS = indice de Jaccard ; N_c = nombre de taxons communs aux deux stations ; N_a et N_b = nombre total de taxons dans nos stations.

Les Analyses en Composantes Principales (ACP) ont été appliquées en vue de voir si les données recueillies présentent une quelconque ordination du milieu. Les données correspondent à une matrice brute des mesures effectuées dans les stations de recherche pour 9 variables physico-chimiques : largeur(m), profondeur (cm), oxygène dissous (mg/l), température (°C), saturation, conductivité K_{20} (uS/cm), pH, vitesse du courant d'eau (m/sec) et transparence de l'eau, enregistrées une fois par station et par mois (Mahamba *et al.*, 2018). L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) (Jongman *et al.*, 1995) a été utilisée pour traiter les données relatives à la distribution spatio-temporelle des peuplements ichtyologiques dans les rivières Yoko et Biaro. L'Analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA 1) a été utilisée afin de tester le degré de signification d'éventuelles différences dans les comparaisons effectuées entre les structures spatio-temporelles mises en évidence par les techniques d'analyses multivariées (AFC). L'Analyse Canonique des Correspondances (ACC) (Miserendino & Pizzolon, 2003) a été réalisée afin de mettre en relation les paramètres physico-chimiques, hydromorphologiques (largeur(m), profondeur(cm), vitesse du courant d'eau (m/sec), type du substrat, nature des berges et de la végétation riparienne, sinuosité des cours d'eau, la charge en matière organique, minéralisation) et les traits caractéristiques des poissons. Les facteurs qui expliquent de manière significative ces changements sont déterminés en utilisant le test de permutation de Monte Carlo (999 permutations) des valeurs propres (Ter Braak & Smilauer, 1999; Alhou, 2007).

L'ensemble des calculs a été fait grâce au programme Past 3.0, qui a servi au calcul des indices biologiques de diversité (H') de Shannon, de Simpson (1-D), et d'équitabilité (E) des peuplements de Siluriformes ainsi que, d'indice de similarité euclidienne et de distance de Bray-Curtys entre les stations ; tandis que, le logiciels CANOCO for Windows version 4.02 et le logiciel R 2.5.0 ont permis de réaliser les Analyses en Composantes Principales (ACP) et les Analyses Factorielles de Correspondances (AFC) sur la répartition spatiale des espèces de Siluriformes, et mettre en exergue les

paramètres physico - chimiques et hydromorphologiques entre les 8 stations des rivières Yoko et Biaro. Enfin, le logiciel Excel 2007 a été utilisé pour la compilation des données ainsi que, pour la conception des différents tableaux pour ce travail.

Resultats

Composition spécifique des peuplements des Siluriformes dans les rivières forestières Yoko et Biaro

Au total 572 spécimens de poissons Siluriformes appartenant à 15 espèces réparties en 9 genres et 6 familles ont été récoltés dans les huit stations prospectées mensuellement dans les rivières forestières Biaro et Yoko. Les familles de Clariidae et de Claroteidae sont les plus représentées avec respectivement 5 et 4 espèces chacune, elles sont suivies des Schilbeidae comprenant 3 espèces. Les autres familles sont composées chacune d'une espèce appartenant à un genre dont, les familles des Amphiliidae (*Doumea* Sauvage, 1878), des Mochokidae (*Synodontis* Cuvier, 1817) et des Malapteruridae (*Malapterurus* Lacépède, 1803). Les espèces numériquement les plus abondantes, sont *Clarias buthupogon* avec 409 spécimens, soit 71,50 % ; *Clarias (Anguilloclarias) ebriensis* avec 70 spécimens, soit 12,24 % ; *Schilbe marmoratus* avec 35 spécimens, soit 6,12 % ; et *Parauchenoglanis punctatus* avec 32 spécimens, soit 5,59 % d'abondance relative.

Les stations Biaro 2, Biaro 4, Biaro 3, Biaro 1 et Yoko 4 (Tableau 2) sont les plus diversifiées avec respectivement 8 ; 8 ; 7 ; 6 et 6 espèces chacune. Les stations Yoko 4 et Yoko 2 ont les effectifs les plus élevés avec respectivement 138 et 97 spécimens chacune alors que, les stations de Biaro 1 et Biaro 3 ont les plus faibles effectifs, soit 25 et 30 spécimens chacune. Les indices de diversité de Shannon sont supérieurs à 1 au niveau des stations Biaro 1 à 4. Ces indices sont respectivement égaux à 0,95 à la station Yoko 1 ; 0,82 à la station Yoko 3 ; 0,73 à la station Yoko 4 et 0,40 à la station Yoko 2. Par ailleurs, l'indice de Simpson est également élevé ($\leq 0,55 \leq 0,75$) dans les stations Biaro 1 à 4, ce qui signifie pour ces stations qu'il y a probabilité pour que 2 individus pris au hasard appartiennent à 2 espèces différentes. En revanche, une situation contraire s'observe aux stations Yoko 1 à 4 où l'indice de Simpson est inférieur à 0,55.

L'équitabilité calculée dans la station Biaro 1 avoisine 1, ce qui indique pour cette station que les espèces sont équitablement réparties contrairement aux autres stations.

Distribution spatiale des peuplements des Siluriformes dans les rivières Yoko et Biaro

Les figures 2 et 3 relatives aux ACP, AFC et ACC, indiquent que la répartition spatiale des espèces de Siluriformes (Tableau 1) permet d'identifier les variables environnementales abiotiques et biotiques qui expriment au mieux les liens existants entre espèces, variables et stations. L'Analyse Factorielle des Correspondances montre qu'il existe des liens entre les stations Yoko 1, 2, 3 et 4 et Biaro 3. Les espèces *Schilbe marmoratus*, *Clarias pachynema*, *Clarias buthupogon*, *Parauchenoglanis balayi*, *Clarias (Anguilloclarias) ebriensis*, *Synodontis nigrita*, et *Parauchenoglanis punctatus* ont été capturées à ces stations.

Les stations Biaro 1, 2 et 4, n'ont aucun lien avec les autres stations. Ainsi, Biaro 1 (affluent Amafombo) et Biaro 2 se trouvent toutes dans la zone d'exploitation forestière et la station Biaro 4 (affluent Kenge) se trouve en forêt primaire et en pleine réserve de Yoko. Les stations Biaro 1, 2 et 4 ne comptent chacune qu'une espèce, respectivement *Schilbe grenfelli*, *Anaspidoqlanis macrostoma* et *Chrysichthys (Melanodactylus) dageti*.

En prenant en compte les stations et les espèces (Figures 2 et 3), il ressort que, la plus forte profondeur (66,9 cm) et la plus grande largeur (17,9 m) des rivières, la végétation et la nature du substrat (sablo - caillouteux) peuvent être déterminantes dans la distribution des *Clarias buthupogon*, *Clarias pachynema* pour lesquelles il est observé une corrélation positive à l'axe II à la station Biaro 2. Par contre, aux stations Biaro 3 et Yoko 4 l'espèce *Parauchenoglanis balayi* y semble liée. La plus grande largeur (18,3 m et 15,8 m) et la plus forte profondeur (70,3 cm et 47,9 cm) sont positivement corrélées à l'axe I, concomitamment avec la végétation ripicole dans ces stations. En revanche, ces mêmes paramètres sont négativement corrélées aux stations Biaro 1 et 2 et Yoko 3 et peuvent donc déterminer la distribution de l'espèce *Parauchenoglanis balayi*. Quant aux stations Yoko 1 et 2, les conductivités (121,04 et 108,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$) de l'eau plus élevées sont positivement corrélées à l'axe I et donc à la présence des *Clarias (Anguilloclarias) ebriensis*, *Schilbe grenfelli*, *Clarias gabonensis*, *Pareutropius debauwi*, *Parauchenoglanis punctatus*. Cependant, aux stations Biaro 1 et 2, et Yoko 3, l'oxygène dissous, la température, le pH, la vitesse du courant d'eau ainsi que le type de forêt, la nature des berges et du fond (substrat) peuvent contribuer à la répartition des espèces *Schilbe marmoratus*, *Anaspidoqlanis macrostoma*, *Clarias (Anguilloclarias) ebriensis*, *Malapterurus electricus*, *Synodontis nigrita*, *Clarias nieuhoffii* et *Doumea typica* présentes sur l'axe I.

En comparant la diversité ichtyologique des rivières Biaro et Yoko entre elles et entre les stations, il apparaît globalement que la plus grande diversité se trouve dans les stations Biaro 4 et 3 et Yoko 4 situées en pleine réserve avec respectivement chacune 8 ; 7 ; 6 espèces. Par ailleurs, la

comparaison des indices biologiques calculés entre les stations (Tableau 2), indique que, les grandes richesses spécifiques de Siluriformes se trouvent dans les stations Biaro 2 et 3 et Yoko 4 des principaux cours. Ainsi, il apparaît un gradient de répartition longitudinale des espèces qui augmente de l'amont vers l'aval. En effet, la plupart des stations les plus diversifiées sont en aval et dans le cours des principales rivières (Yoko et Biaro) et non dans les affluents (Biaro 1 et 4 et Yoko 1 et 3).

Tableau 1. Liste systématique, effectifs et abondances relatives des Siluriformes récoltés de septembre 2008 à août 2009 dans les rivières Biaro et Yoko, bassin du Congo.

Familles	Genres	Espèces	Effectifs	Abondance relative (%)
Amphiliidae	<i>Doumea</i> Sauvage, 1878	<i>Doumea typica</i> Sauvage, 1878	1	0,17
Clariidae	<i>Clarias</i> Scopoli, 1777	<i>Clarias (Anguilloclarias) ebriensis</i> Pellegrin, 1920	70	12,24
		<i>Clarias buthupogon</i> Sauvage, 1879	409	71,5
		<i>Clarias gabonensis</i> Günther, 1867	1	0,17
		<i>Clarias pachynema</i> Boulenger, 1913	9	1,57
		<i>Clarias nieuhoftii</i> Valenciennes, 1840	1	0,17
	Claroteida e	<i>Anaspidoglanis</i> Teugels <i>et al.</i> , 1991	<i>Anaspidoglanis macrostoma</i> Pellegrin, 1909	1
<i>Chrysichthys</i> Bleeker, 1858		<i>Chrysichthys (Melanodactylus) dagei</i> Risch, 1992	1	0,17
<i>Parauchenoglanis</i> Blgr, 1911		<i>Parauchenoglanis balayi</i> Sauvage, 1879	3	0,52
		<i>Parauchenoglanis punctatus</i> Sauvage, 1879	32	5,59
Mochokidae	<i>Synodontis</i> Cuvier, 1817	<i>Synodontis nigrita</i> Valenciennes, 1840	1	0,17
Malapteruridae	<i>Malapterurus</i> Lacépède, 1803	<i>Malapterurus electricus</i> Gmelin, 1789	3	0,52
Schilbeidae	<i>Pareutropius</i> Boulenger.	<i>Pareutropius debauwi</i> Boulenger, 1900	3	0,52
	<i>Schilbe</i> Cuvier, 1817	<i>Schilbe grenfelli</i> Boulenger, 1900	2	0,35
		<i>Schilbe marmoratus</i> Boulenger, 1911	35	6,12
6	9	15	572	

Tableau 2. Effectifs totaux, indices de diversité (H') de Shannon et de Simpson (1-D) équitabilité (E) des peuplements de Siluriformes aux 8 stations des petites rivières forestières équatoriales Biaro et Yoko

Indices / stations	Biaro1	Biaro2	Biaro3	Biaro4	Yoko1	Yoko2	Yoko3	Yoko4
Taxa	6	8	7	8	5	4	4	6
Individus (N)	25	73	30	41	68	97	94	138
Shannon (H')	1,54	1,30	1,19	1,34	0,95	0,40	0,82	0,73
Simpson 1-D	0,75	0,63	0,55	0,60	0,48	0,18	0,41	0,32
Équitabilité (E)	0,86	0,63	0,61	0,64	0,59	0,29	0,59	0,41

Tableau 3. Indices de similarité euclidienne et de distance de Bray-Curtys entre les 8 stations de deux petites rivières forestières équatoriales Biaro et Yoko.

	Biaro 1	Biaro 2	Biaro 3	Biaro 4	Yoko 1	Yoko 2	Yoko 3	Yoko 4
Biaro 1	1,00							
Biaro 2	0,42	1,00						
Biaro 3	0,59	0,51	1,00					
Biaro 4	0,61	0,62	0,76	1,00				
Yoko 1	0,51	0,79	0,65	0,74	1,00			
Yoko 2	0,29	0,58	0,42	0,48	0,61	1,00		
Yoko 3	0,35	0,74	0,45	0,55	0,72	0,82	1,00	
Yoko 4	0,24	0,53	0,32	0,40	0,49	0,81	0,72	1,00

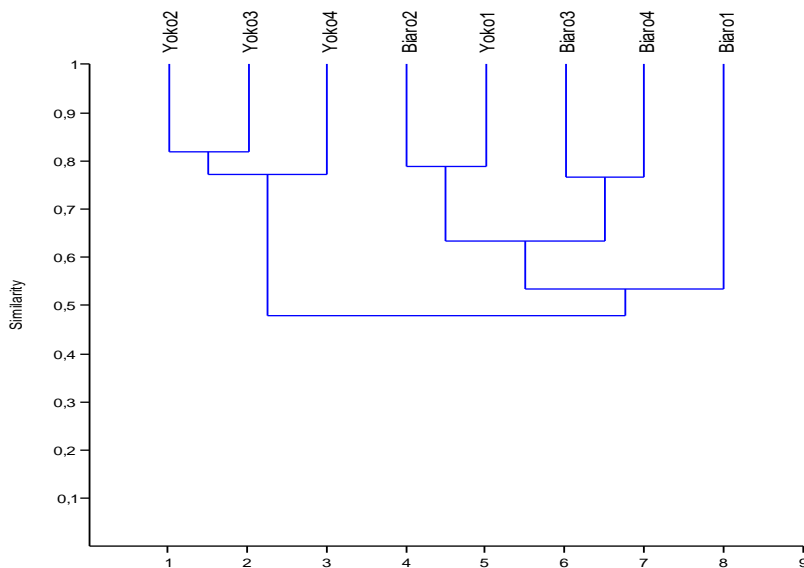


Figure 1. Dendrogramme de similarité euclidienne entre les 8 stations de prélèvement des poissons Siluriformes dans les rivières Yoko et Biaro, affluents du fleuve Congo.

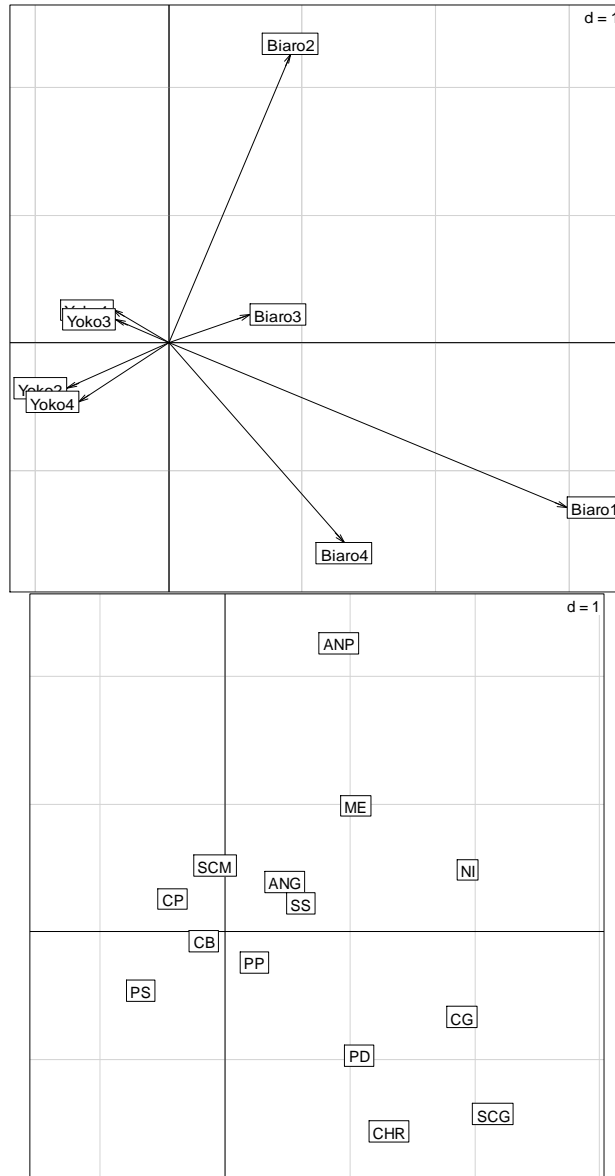


Figure 2. Résultats des Analyses en Composantes Principales (ACP à gauche) et des Analyses Factorielles de Correspondances (AFC à droite) sur la répartition spatiale des espèces de Siluriformes dans les 8 stations des rivières Yoko et Biaro, affluents du fleuve Congo

Légende : ANP : *Anaspidoglanis macrostoma*, ANG : *Clarias (Anguilloclarias) ebriensis*, PS : *Parauchenoglanis balayi*, CHR: *Chrysichthys (Melanodactylus) dageti*, PP: *Parauchenoglanis punctatus*, CB : *Clarias buthupogon*, PD: *Pareutropius debowi*, CP : *Clarias pachynema*, CG : *Clarias gabonensis*, ME : *Malapterurus electricus*, SS: *Synodontis nigrita*, SCM: *Schilbe marmoratus*, SCG: *Schilbe grenfelli*, NI : *Doumea typica et Clarias nieuhofii*.

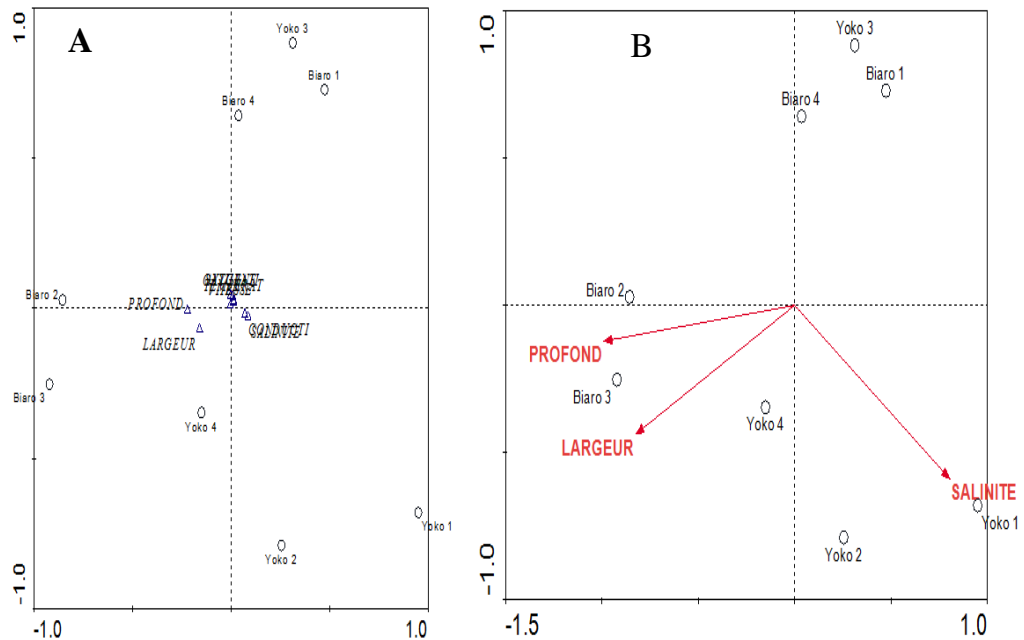


Figure 3. Expression des paramètres physico-chimiques (A) et hydro-morphologiques (B) dans les 8 stations des rivières Yoko et Biaro, affluents du fleuve Congo

Discussion

Variables environnementales des stations et distribution des espèces de poisson

Les données de la physico-chimie des eaux sont indispensables à la vie des poissons. Plusieurs études réalisées dans différents hydrosystèmes ont déjà établi des relations entre espèces et variables environnementales (Kouamélan *et al.*, 2003 ; Yao *et al.*, 2005 ; Yao *et al.*, 2019 ; Kouadio *et al.*, 2006 ; Kouamé *et al.*, 2008 ; Mahamba *et al.*, 2017, 2018). Chacune de ces variables joue directement ou indirectement un rôle important sur la faune ichthyologique.

La température moyenne dans un cours d'eau de forêt tropicale dépasse rarement 24 °C comme c'est le cas des stations prospectées dans la présente étude. Ceci favorise le maintien d'une relative fraîcheur des eaux et crée des conditions stables, favorables aux poissons qui y vivent. Kankonda (2007) ; Mahamba *et al.* (2017, 2018) qui ont travaillé dans le ruisseau Masangamabe (24,75 à 25,92 °C) et les rivières Yoko et Biaro ont fait les mêmes observations. Da Costa *et al.* (2000), de leur côté en Côte d'Ivoire, mentionnent, par ailleurs, qu'une amplitude faible de variation de la température moyenne de l'eau peut avoir une influence sur l'abondance et la répartition temporelle des espèces de poissons. Chikou *et al.* (2008) dans leur étude dans le delta de l'Ouémé au Bénin, précisent que, les deux paramètres

les plus importants pour la croissance des poissons sont la température et l'oxygène dissous. Par ailleurs, Jensen (1957) rapporte qu'une diminution de la température, si infime soit-elle, ralentit la croissance chez les poissons. Philippart (1989) de sa part en Belgique indique que, la présence d'une espèce en un point donné dans les limites de son aire de répartition générale dans le bassin hydrographique considéré est liée à l'existence de conditions géomorphologiques, hydrauliques, thermiques et chimiques du milieu. Ces conditions permettent sa reproduction et sa survie aux différents stades de son développement (œufs, larves, alevins, adultes), compte tenu de ses exigences et limites de tolérance éco-éthologiques à l'égard de facteurs tels que la vitesse du courant d'eau, le substrat de ponte, la température, les besoins en oxygène dissous, la tolérance au pH et la sensibilité à l'ammoniaque.

Les concentrations moyennes annuelles d'oxygène dissous pour l'ensemble de 8 stations prospectées dans les rivières Yoko et Biaro sont relativement bonnes (4,8 à 5,6 mg/l) avec des pourcentages de saturation d'oxygène de 73,9 à 86,9 %. Ces valeurs de saturation en oxygène favorisent l'installation et le développement des Siluriformes dans les rivières Biaro et Yoko. Da Costa *et al.* (2000) ; Aboua *et al.* (2010) et Tanoh *et al.* (2013), dans différents sites en Côte d'Ivoire, ont montré également l'importance de ces variables dans la distribution des poissons.

Les huit stations de recherche choisies dans les rivières Yoko et Biaro font état d'une grande variabilité de par la composition et la structure des éléments (nature des berges, nature des fonds, ripisylve et végétation forestière) qui les constituent dans des proportions différentes. Cela prouverait que, dans l'écorégion 539, les rivières forestières tropicales à plaines inondables sont constituées de microhabitats variés, susceptibles d'être la source d'une grande biodiversité et d'endémismes. Le nombre d'espèces (15), de genres (9) et de familles (6) de Siluriformes inventoriés dans les rivières Biaro et Yoko pourrait résulter de ce facteur. Ce constat corrobore ceux de plusieurs auteurs notamment Alhou (2007), Ashley *et al.* (2008) et Mahamba *et al.* (2017, 2018). Selon Alhou (2007), les résultats de diversité pourraient être influencés par des facteurs comme la diversité d'habitats. Ce même auteur précise que, la diversité des substrats permet un échantillonnage plus riche car ils constituent des micros habitats supplémentaires induits dans les stations d'échantillonnages qui sont susceptibles d'améliorer la diversité taxonomique. Par ailleurs, la diversité géomorphologique du cours entraîne une grande hétérogénéité écologique portant sur la végétation aquatique et des berges (Petit & Schumacker, 1985), les populations d'invertébrés et les poissons.

En faisant allusion à la végétation ripicole des stations de recherche, outre son rôle écologique (création de microhabitats, modification de la texture du sol, maintien des paramètres physico - chimiques, modification du substrat, etc.) est aussi une source d'alimentation. En effet, certaines parties d'espèces végétales comme les feuilles, les fruits qui tombent dans l'eau sont immédiatement consommés par les poissons, tels que : *Pseudospondias*

microcarpa, *Anonidium mannii*, *Myrianthus arboreus*, *Uapaca guineensis* (Mahamba *et al.*, 2018). De plus, les troncs d'arbres morts, les feuilles mortes, les pourris immergés dans l'eau fournissent de la nourriture à des oligochètes, des larves d'insectes tels que *Chironomidae*. Ils sont aussi sources de nourriture pour les poissons. Des faits similaires ont été observés par plusieurs chercheurs notamment Aboua *et al.* (2010) dans le fleuve Bandama en Côte d'Ivoire, Baras (1989) dans deux affluents de la Meuse (Belgique) en Belgique, Philippart (1989) dans le bassin de la Meuse belge en Belgique, Alhou (2007) dans le fleuve Niger au Niger et Yao *et al.* (2019) dans le Bassin Inférieur du Fleuve Comoé (Côte d'Ivoire), etc.

Quant aux résultats des Analyses en Composantes Principales (Figures 1, 2 et 3), deux grandes entités écologiques avec des caractéristiques distinctes (Biaro et Yoko) apparaissent. La distance d'agrégation des stations dans la rivière Biaro se fait entre 0,6 et 0,7 et dans la rivière Yoko entre 0,2 et 0,7. Selon Alhou (2007), l'utilisation de la méthode de Bray-Curtis pour la classification des stations traduit la même situation. Yoko 1 (en zone d'exploitation) présente beaucoup de similitudes du point de vue hydromorphologique, végétation et composition du peuplement avec Biaro 2. En revanche, ces deux stations (Yoko 1 et Biaro 2) ont peu des similitudes avec celles de Biaro 3 et 4. Ces deux dernières stations (Biaro 3 et 4) sont localisées sur des sites où les conditions écologiques sont stables. Alabaster (1985), Philippart (1989), Petts *et al.* (1989) attestent dans leurs études que, sous l'effet des actions humaines, les caractéristiques physiques et chimiques des cours d'eau qui influencent les ichtyocénoses subissent des perturbations multiples. Ces perturbations ont des répercussions plus ou moins graves, non seulement sur les ressources en poissons et sur les pêcheries mais sur toute l'écologie du système rivière-plaine alluviale.

Le même constat a été fait au niveau de la station Biaro 1 qui présente des ressemblances avec les stations Biaro 3 et 4 du fait de leur très petite largeur (6,69 m), du pH basique (7,96), et la température un peu plus élevée (23,42 °C) à la station Biaro 1. Par ailleurs, Biaro 1, 3 et 4 ont des affinités avec les stations Biaro 2 et Yoko 1 (stations amont et en dehors de la réserve) dues relativement à la plus forte profondeur (66,9 cm) et plus faible profondeur (20,17 cm), à la valeur de l'oxygène dissous : plus élevé (5,55 mg/l) et plus faible (4,8 mg/l), et à la nature de fond sablo-caillouteux à Biaro 2 et sablonneux, rocheux et caillouteux à Yoko 1.

Yao *et al.* (2019) en Côte d'Ivoire, précisent que les paramètres liés à la minéralisation (pH et conductivité) et la transparence apparaissent les plus discriminants dans la répartition des espèces ichtyologiques dans les eaux.

Par ailleurs, il est à noter que, Yoko 4 et Biaro 3, situées à l'aval et en pleine réserve de la Yoko, présentent des taux de saturation en oxygène dissous élevés respectivement de 86,89 (mg/l) et 78,14 (mg/l). C'est pourquoi, Biaro 2 et 4, suivies des Biaro 3 et 1, et Yoko 4 (Tableau 2) sont les plus

diversifiées avec respectivement 8 ; 8 ; 7 ; 6 et 6 espèces chacune. Par contre, les stations Yoko 1, 2 et 3 ont respectivement 5 ; 4 et 4 espèces chacune, vu respectivement la profondeur : faible (20,17 cm), élevée (38,16 cm) et assez faible (29,42 cm), la largeur: petite (8,14 m), plus grande (14,77 m) et moyenne (11,09 m) (Mahamba *et al.*, 2017, 2018). A cela s'ajoutent la vitesse de l'eau : plus grande (0,35 m/sec), plus faible (0,34 m/sec) et faible (0,32 m/sec) ainsi que la végétation ripicole très jeune : jachères et recrus préforestiers de même que la nature du substrat : sablonneux, rocheux et caillouteux à Yoko 1, sablo-caillouteux à Yoko 2 et sablonneux, rocheux et caillouteux à Yoko 3. Ces résultats sont similaires à ceux de Mahamba *et al.* (2017, 2018) qui ont travaillé dans les mêmes rivières en territoire d'Ubundu en République Démocratique du Congo.

Le nombre d'espèces des Silures augmente le long du gradient amont-aval par l'addition successive d'espèces plutôt que par un remplacement de celles-ci comme le signalent Hugueny et Lévêque (2006) ; Aboua *et al.* (2010) et Mahamba *et al.* (2018). Par contre, Sanogo *et al.* (2012) dans la rivière Baoulé du bassin du fleuve Niger au Mali ont trouvé un gradient de répartition longitudinale inversé, du fait que, le cours supérieur abritait une plus large gamme d'habitats (Hugueny & Lévêque, 2006). Djidohokpin *et al.* (2017), sur l'ichtyofaune de la Tovè au sud du Bénin, font la même observation.

Enfin, Yokol, 2 et 3 n'enregistrent que peu d'espèces mais se caractérisent par une végétation très jeune (jachères et recrus forestiers) due au fait que, ces stations se situent à proximité de la route reliant Kisangani à Ubundu et soumises à de fortes activités anthropiques (champs, bois de chauffe, piégeage, écopage, etc.). Ces altérations se traduisent par une réduction de la richesse spécifique due à la disparition des espèces sensibles (Lévêque & Mounolou, 2008 ; Aboua *et al.*, 2010 ; Kerckhove, 2012). Des cas pareils ont été observés par Djidohokpin *et al.* (2017) dans leur étude sur l'ichtyofaune de la Tovè au sud du Bénin et Mahamba *et al.* (2017, 2018) lors de leurs études dans les mêmes rivières dans la réserve de la Yoko en République Démocratique du Congo, de même qu'Alabaster (1985), Philippart (1989), et Petts *et al.* (1989).

Caractérisation et composition faunistique des peuplements des siluriformes

Selon Lalèyè *et al.* (2004), Aboua *et al.* (2010), Tanoh *et al.* (2013), Djidohokpin *et al.* (2017), les familles Cichlidae, Characidae, Clariidae, Cyprinidae, Distichodontidae et Mormyridae dominant dans les cours d'eaux africains en termes de diversité spécifique. Cette étude s'est limitée à la partie amont des petits cours d'eau forestiers, affluents du fleuve Congo. Elle a été faite en une année avec 3 types d'engins de pêche. Ceux-ci ont permis la capture de 572 spécimens des Siluriformes appartenant à 15 espèces réparties

en 9 genres et 6 familles de la faune ichtyologique en place. La richesse taxonomique la plus élevée est observée aux stations Biaro 2 et 4, Biaro 3 et 1 et Yoko 4 avec respectivement 8 ; 8 ; 7 ; 6 et 6 espèces de Siluriformes chacune, ce qui correspond aussi à une plus grande diversité d'habitats (zones lotiques et lenticules, etc.). Selon Lévêque & Paugy (2006) ; Aboua *et al.* (2010), la richesse spécifique d'un milieu traduit sa capacité d'accueil qui est d'autant plus grande que le nombre de niches écologiques occupées est élevé.

Pour la présente étude, l'équitabilité calculée varie de 0,29 à 0,86, indiquant ainsi un déséquilibre dans l'organisation structurale de l'ichtyofaune au niveau des stations Yoko 2 et 4 avec respectivement des valeurs 0,29 et 0,41 d'équitabilité. Ceci traduit une distribution irrégulière des espèces entre ces stations (Yoko 2 : 4 espèces et Yoko 4 : 6 espèces), dû au fait que, Yoko 2 se trouve en dehors de la réserve, dans des jachères et recrus forestiers où se font des activités anthropiques. Par contre, la valeur d'équitabilité (0,41) obtenue à la station Yoko 4 est due aux faits que cette station se trouve en pleine réserve et en forêt primaire où la nature du substrat ainsi que la vitesse de l'eau (0,57 m/sec) qui s'y trouvent, ont beaucoup contribué à la répartition des siluriformes.

En outre, la station Biaro 1 en dehors de la réserve et en forêt secondaire jeune est la plus équilibrée et la mieux structurée avec une valeur d'équitabilité de 0,86 (Tableau 2).

Distribution spatiale des espèces de Siluriformes dans les différentes stations des 2 rivières

Les résultats des AFC, ACP et ACC (Figures 2 et 3) sur la répartition spatiale des espèces capturées par station et leurs effectifs (Tableau 1) montrent qu'il existe des liens entre les stations et les espèces. Mahamba *et al.* (2017) dans les mêmes stations notent que, ces liens entre les espèces et les stations sont dues à des préférences particulières de chaque espèce à des microhabitats où elles trouvent réunies les meilleures conditions pour leur survie. C'est pourquoi, les espèces *Clarias buthupogon*, *C. pachynema* sont liées à la station Biaro 2, *P. balayi* aux stations Yoko 2 et 4 ; *C. (Melanodactylus) dageti*, *Schilbe grenfelli*, *C. gabonensis*, *P. debowi*, *P. punctatus* sont liées aux stations Yoko 1 et 2, et les espèces *S. marmoratus*, *A. macrostoma*, *C. (Anguilloclarias) ebriensis*, *M. electricus*, *S. nigrita*, *C. nieuhofii* et *D. typica* sont liées aux stations Biaro 1 et 2, et Yoko 3. Ceci confirmerait l'hypothèse selon laquelle, la forêt tropicale humide, source d'hétérogénéité d'habitats des rivières qui y coulent, influencerait sur la structure spatio-temporelle des peuplements de poissons (Mahamba *et al.*, 2017). Ces résultats sont similaires à ceux de Philippart (1989) au cours de son étude dans le bassin de la Meuse belge, selon laquelle, de tous les facteurs du milieu analysés, cinq facteurs clés dont deux facteurs physiques (la pente et la température) et trois

facteurs chimiques (le pH, l'oxygène dissous et l'ammoniaque) ont un effet limitant sur la distribution des poissons de leurs régions.

Selon Lemoalle (2006), une espèce de poisson se maintient à long terme dans un hydrosystème dans la mesure où elle y trouve un ensemble de conditions qui lui permettent, entre autres, de se nourrir, de croître et de se reproduire. Ces conditions se répartissent schématiquement en deux ensembles :

- l'environnement physico - chimique et hydromorphologique (abiotique), constitué par les contextes géologique, climatique et le paysage aquatique tel qu'il est perçu par le poisson ;
- l'environnement trophique (biotique) qui peut être défini par les interactions entre espèces (notamment les arbres de la ripisylve source de nourriture via fruits, graines, feuilles, macro-invertébrés, poissons, ...) et les relations proie-prédateur au cours des stades successifs de son développement.

La fluctuation des facteurs abiotiques et biotiques est souvent responsable de certains changements constatés au sein des communautés en milieux aquatiques continentaux. Ces changements sont liés à la fluctuation des caractéristiques physico-chimiques et hydromorphologiques du milieu, notamment le substrat, la disponibilité en nutriments (Hart *et al.*, 2003), la minéralisation (Piscart *et al.*, 2005), la charge en matière organique (Negishi & Richardson, 2003), le taux en oxygène dissous (Brodersen *et al.*, 2004 ; Tarr *et al.*, 2005) et la diversité des microhabitats accessibles (Jahan *et al.*, 2001).

Baras (1989) dans son étude dans le bassin de la Meuse belge, stipule que, dans les secteurs de rivière se rattachant à un macro-habitat du type seuil, rapide, plat ou profond, la répartition spatiale des poissons (espèces différentes ou groupes infra spécifiques comme les groupes d'âge et de taille) est organisée dans une mosaïque de milieux de surface restreinte - les microhabitats - ou les individus trouvent des conditions optimales de vie du point de vue bioénergétique (positionnement à l'endroit où les énergétiques pour lutter contre le courant sont minimales et l'efficacité de capture des proies maximale) et pour trouver une bonne protection contre les prédateurs.

Il apparaît ici que les paramètres comme le régime hydrologique, la vitesse du courant d'eau, la sinuosité, la végétation, le type de substrats, la nature des berges ainsi que la densité des bois morts sont des paramètres qui, à des degrés divers, ont déterminé la distribution spatio-temporelle des peuplements de poissons dans les différentes stations d'échantillonnage. C'est pourquoi dans certaines stations telles que Yoko 1, 2 et 3 hors réserve et proches de la route, il est enregistré moins d'espèces du fait que ces stations subissent fréquemment des pressions anthropiques qui réduisent l'hétérogénéité des habitats et donc la biodiversité ichtyologique. Il en résulte

que, les poissons source de nourriture à l'échelle locale peuvent aussi servir d'indicateurs de l'état du milieu aquatique comme le souligne un certain nombre d'auteurs (Dale & Beyeler, 2001; Niemi & McDonald, 2004; Mamonekene *et al.*, 2006; Lévêque & Mounolou, 2008; Niamien-Ebrottié *et al.*, 2008).

Conclusion

Au total 572 silures appartenant à 15 espèces, 9 genres et 6 familles de Siluriformes ont été échantillonnés dans les rivières Yoko et Biaro dans l'Aire Protégée de Yoko et dans une zone d'exploitation forestière située en dehors de la réserve. La richesse spécifique est plus équilibrée et structurée dans la rivière Biaro que dans la rivière Yoko au regard des indices biologiques calculés. Ainsi, l'indice de Diversité de Shannon est supérieur à 1 dans la rivière Biaro et inférieur ou égal à 0,95 dans la rivière Yoko ; tandis que, l'indice de Simpson est inférieur ou égal à 0,75 dans la rivière Biaro et inférieur ou égal à 0,48 dans la rivière Yoko. Par contre, la valeur d'équitabilité calculée est inférieure ou égale à 0,86 dans la rivière Biaro et inférieure ou égale à 0,59 dans la rivière Yoko. Les variables physico - chimiques et hydromorphologiques telles que le régime hydrologique, la vitesse du courant d'eau, la conductivité de l'eau, le type de forêt (végétation), la nature des berges, la sinuosité, la nature du fond (substrat) ainsi que la densité des bois morts influent directement sur les communautés de poissons dans les rivières forestières Biaro et Yoko. La grande diversité ichthyologique est observée dans les stations situées dans la réserve et dans la partie aval des cours d'eau Biaro et Yoko. Il est donc urgent d'entreprendre des études similaires dans la multitude d'affluents du fleuve Congo en utilisant une variété de techniques de capture afin de connaître la diversité de l'ichtyofaune du bassin du Congo encore très peu connue.

Remerciements: Nous exprimons notre gratitude au projet REAFOR pour sa subvention. Nous tenons à remercier également l'Université de Namur/Belgique et l'Université de Kisangani /Domaines des Sciences et Technologie pour l'encadrement et la supervision, sans oublier les pêcheurs pour leur contribution à la collecte des données.

References:

1. Aboua, R. D. B., N'zikonan, G., Kouamelan, P. E., Berte, S. & Bamba, M. (2010). Organisation spatiale du peuplement de poissons dans le Bandama. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(5): 1480-1493. DOI:<http://ajol.info/index.php/ijbcs>
2. Alabaster, J. S. (1985). *Habitat modification and freshwater fisheries*. Butterworth, 278 p.

3. Alhou, B. (2007). Impact des rejets de la ville de Niamey sur la qualité des eaux du fleuve Niger. PhD thèse en Sciences., Presses universitaires de Namur. FUNDP, Namur, p. 230.
4. Angelier, E. (2000). Ecologie des eaux courantes. Editions Technique & Documentation.
5. Barbault, R. (2000). Ecologie générale : Structure et fonctionnement de la biosphère. 5^{ème} édition, Dunod, Paris.
6. Arretia, G., Kapoor, B. G., Chardon, M. & Diogo, R. (Eds) (2003). Catfishes. Volumes 1-2. Science Publishers, Inc., Enfield, NH, USA, 812 pp.
7. DOI:<https://aqua-aquapress.com/swarming-diel-movements-feeding-and-cleaning-behavior-of->
8. Ashley, B. & Robin, A. (2008). *Ecoregion 539: Upper Congo Rapids in Freshwater ecoregion of the world*. Conservation Science Program, WWF-US: Washington, DC, USA. 2 p.
9. Baras, E. (1989). Behavioral ecology and habitat preferences of the barbel, *Barbus barbus* (L.) in two tributaries of the River Meuse (Belgium) as detected from radio-tracking data. Soumis a. Aquatic Living Resources.
10. Brodersen, K.P., Pedersen, O., Lindegaard, C. & Hamburger, K. (2004). Chironomids (Diptera) and oxy-regulatory capacity: An experimental approach to paleolimnological interpretation. *Limnology and Oceanography*, 49(5): 1549-1559. DOI: http://m.aslo.info/lo/toc/vol_49/issue_5/1549.pdf.
11. Büttler, R. (2000). Analyse de la distribution spatiale d'objets dans un paysage Fiche d'enseignement, Labo. De gestion des écosystèmes (GECOS) : Lausanne.
12. Chikou, A., Lalèyè, P. A., Raemakers, V., Vandewalle, P. & Philippart, J-C. (2008). Etude de l'âge et de la croissance chez *Clarias gariepinus* (Pisces, Clariidae) dans le delta de l'Ouémé au Benin(Afrique de l'Ouest). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 2(2) : 157-167.
13. Da Costa, K. S., Gourène, G., Tito De Morais, L. & Thys Van Den Audenaerde, D. F. E. (2000). Caractérisation des peuplements ichtyologiques de deux fleuves côtiers Ouest-Africains soumis à des aménagements hydroagricoles et hydroélectriques. *Vie et Milieu*, 50: 65-77. DOI : <https://www.kmae-journal.org> ;<https://doi.org/10.1051/kmae/2012002> ;
<https://scholar.google.com/citations?user=BhzUOocAAAAJ&hl=fr>
14. Dajoz, R. (2000). *Précis d'écologie* (7^{ème} édition) Dunod. Paris.

15. Dale, V. H. & Beyeler, S. C. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecol. Indic.*1: 3-10. DOI:<http://www.napawatersheds.org>
16. Danadu, M. L., De Vos, L., Juakaly, M., Kimbembu, M., Munsala, M. & Ulyel, A-P. J. (2003). Contribution à l'étude de la faune ichtyologique des environs de Kisangani : Inventaire des poissons des rivières Bitubu et Romée, sous-affluent et affluent de la rive gauche du fleuve Congo (RD. Congo). *Ann. Fac. Sci. Unikis* Vol. 12 : 293-302.
17. Danadu, M. L. (2014). Problématique de Synodontis Cuvier, 1816 (Siluriformes, Mochokidae) dans le bassin du Congo : Systématique et écologie (RD. Congo). PhD thèse inéd. Fac. Sc. Dpt. Hydrobiol., Unikis, Kisangani, 217 p.
18. De Vos, L. (1990). Note sur les poissons des environs de Kisangani. *Annales Fac. Sc. Unikis*. Acte. 5^e J. Sc.47 – 50.
19. Decru, E., Vreven, E., Danadu, C., Walanga, A., Mambo, T. & Snoek, J. (2017). Ichthyofauna of the Itimbiri, Aruwimi, and Lindi/Tshopo rivers (Congo basin): Diversity and distribution patterns. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 47 (3): 225–247. DOI: 10.3750/AIEP/02085
20. Diogo, R. (2005). Morphological Evolution, Aptations, Homoplasies, Constraints and Evolutionary Trends: Catfishes as a case study on General Phylogeny and Macroevolution. Science Publishers, Inc. Enfield, NH (USA). 191 p.
21. Djidohokpin, G., Sossoukpe, E., Sohoun, Z., Tamesse, J. L. & Fiogbe, E.D. (2017). Ichthyofauna of Tovè River in the South Benin: Specific Diversity and Spatial Distribution. *South Asian Journal of Life Sciences*. 5(1): 19-29. DOI: <http://dx.doi.org/10.17582/journal.sajls/2017/5.1.19.29>
22. Ducarme, C. & Micha, J-C. (2003). Technique de production intensive du poisson chat africain *Clarias geriepunis*. *Tropicultura*. 21 (4): 189-198. <http://www.tropicultura.org/text/v21n4/189.pdf>
23. Hardman, M. (2006). Key to Congo. Key to Claroteid catfishes of the Congo Basin (including lakes Bangwelu, Mweru and Mweru-Wantipa). Inédit, 4 p.
24. Hart, R. C., Campbell, L. M. & Hecky, R. E. (2003). Stable isotope analyses and demographic responses counter prospects of planktivory by *Caridina* (Decapoda: Atyidae) in Lake Victoria. *Oecologia*, 136:270-278. DOI10.1007/s00442-003-1261-0 ; <http://ap.smu.ca/~lcampbel/HartetalOecol2003.pdf>
25. Hugueny, B. & Lévêque, C. (2006). Richesse en espèces des peuplements de poissons. Pp 271-284. In : C. Lévêque & D. Paugy

- (eds), *Les Poissons des Eaux Continentales Africaines : Diversité, Écologie, Utilisation par l'Homme*. Edition IRD: Paris.
http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/ed-06-08/010037336.pdf
26. Jahan, S., Akter, S., Sarker, M., Rahman, R. & Pramanik (2001). Growth ecology of *Pila globosa* (Swainson) (Gastropoda: Pilidae) insimulated habitat. *Pakistan Journal of Biological Sciences*,4(5):581-584.
DOI:<http://www.pjbs.org> m ISSN1028-8880;
<http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/pjbs/2001/581-584.pdf>
27. Jensen, K. W. (1957). Determination of age and growth of *Tilapia nilotica* (L), *T. galilea* (Act.), *T. zillii* (Gerv.) and *Lates niloticus* C. et V. by means of their scales. *K. Nor. Vidensk. Selsk. Forh.* 30(24): 150-157.
28. Jongman, R. H., Ter Braak, C. J. F., & van Tongeren, O. F. R. (1995). Data Analysis Community and Landscape Ecology (eds.). Cambridge University Press: Cambridge.
http://www2.ib.unicamp.br/profs/thomas/NE002_2011/maio17/Jongman%201995%20ch5-6.p
29. Kankonda, B. (2007). Ecologie des Décapodes des ruisseaux de forêt de basse altitude de Kisangani (R.D. Congo) : Composition, distribution spatio-temporelle, abondance, biomasse et production. Cas du ruisseau Masangamabe de la Reserve Forestière de Masako. PhD thèse inéd. Fac. Sc. Dpt. Hydrobiol., Unikis, Kisangani, 202 p.
30. Kerckhove, O. (2012). Espèces ou association d'espèces de poissons en tant que bio indicateur de l'état de santé des récifs coralliens. Mém. de maîtrise inédit, Fac. Sc. Université de Sherbrooke : Québec.
<https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/8118>
31. Kimbembu, I. N. (1988). Contribution à la connaissance de l'ichtyofaune et de la biologie de reproduction de quelques espèces de poissons de la rivière Ngene-ngene à Kisangani. Mémoire de D.E.S. Unikis : Kisangani. <http://cd.chm-cbd.net/implementation/centre-de-surveillance-de-la-biodiversite-csb/milieu-h>
32. Konan, A. Y., Bamba, M. & Koné, T. (2014). Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'alimentation de *Clarias buettikoferi* (Siluriformes ; Clariidae) dans la forêt des marais Tanoé-Ehy (Côte d'Ivoire). *Cybium*38(1): 61-68.
DOI:<https://doi.org/10.26028/cybium/2014-381-007>
33. Kouadio, N. F., Kouamélan, E. P., N'Douba, V., Koné, T., Snoeks, J. & Ollevier, F. (2006). Update of fish biodiversity and impact of human activities on the community structure, Mé River (Ivory Coast). *Journal of Biological Sciences*, 6: 805–814.

DOI:<https://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/download/65547/53234>

34. Kouamé, K. A., Yao, S. S., Gooré Bi, G., Kouamélan, E. P., N'Douba, V. & Kouassi, N. J. (2008). Influential environmental gradients and patterns of fish assemblages in a West African basin. *Hydrobiologia*, 603:159–169. DOI: <http://www.kmae-journal.org> › › Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst., 404 (2012) 08 22 mars 2012 - (2008) 388, 02... DOI:<http://dx.doi.org/10.1051/kmae/2012002> ...<https://doi.org/10.1051/kmae/2012002>
35. Kouamélan, E. P., Teugels, G. G., N'Douba, V., Gooré, B. I. G. & Koné, T. (2003). Fish diversity and its relationship with environment variables in West African basin. *Hydrobiologia*, 505: 139-146. DOI:10.1023/B:HYDR.0000007302.74296.84. ; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3506418/>
36. Kamelan, T.M., Yao, S.S., Kouamé, K.A., N'Zi, K.G. & Kouamélan, E.P. (2013). Ichtyofaune de la rivière Dodo (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest) : mise à jour et influence des variables environnementales sur la distribution des espèces. *J. Appl. Biosci.*, 71: 5773-5785.
37. Lalèyè, P., Chikou, A., Philippart, J. C., Teugels, G. G. & Vandewalle, P. (2004). Étude de la diversité ichthyologique du bassin du fleuve Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Cybiurn*, 28(4): 329-339. DOI:<http://sfi.mnhn.fr/cybiurn/numeros/2004/284/05>.
38. Legendre, P. & Legendre, L. (1998). Numerical Ecology (Second English edition). ELSEVIER Science B.V.: Amsterdam. <https://www.elsevier.com/books/numerical-ecology/legendre/978-0-444-89249-2>
39. Lemoalle, J. (2006). La Diversité des milieux aquatiques. Pp. 11-30. In : C. Lévêque. & D. Paugy (eds) *Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme*. Edition IRD: Paris. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/ed-06-08/010037336.pdf
40. Lévêque C. & Paugy D. (1984). Guide des poissons d'eau douce de la zone du programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. Convention Orstom-OMS : Ouagadougou.
41. Lévêque, C. & Paugy, D. (2006). Peuplements des cours d'eau et des biotopes. Pp: 317-328. In : C. Lévêque & D. Paugy (eds), *Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme*. Edition IRD: Paris. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/ed-06-08/010037336.pdf

42. Lévêque, C. & Paugy, D. (2006). Distribution géographique et affinités des poissons d'eau douce africains. Pp : 59-74. In : C. Lévêque & D. Paugy (eds) *Les poissons des eaux continentales. Diversité, écologie, utilisation par l'homme*. Editions IRD : Paris.
http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/ed-06-08/010037336.pdf
43. Lévêque, C. & Mounolou, J.C. (2008). Biodiversité : Dynamique biologique et conservation. (2^{ème} éd.) Dunod : Paris.
<https://www.dunod.com/sciences-techniques/biodiversite-dynamique-biologique-et-conse>
44. Mahamba, B. R., Kangel, K. V., Kankonda, B. A., Ulyel, A-P. J. & Micha, J-C. (2018). Etude des peuplements ichtyologiques des rivières Yoko et Biaro (Réserve de Yoko, Province Tshopo, R.D. Congo). *Rev. Sci. Tech. For. Environ. Bassin Congo*. Volume 11. Pp. 49-65. DOI : <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1437214>
45. Mahamba, B. R., Ndjaki, N. J., Kankonda, B. A., Ulyel, A-P. J. & Micha, J-C. (2017). Caractérisation et écologie des peuplements des Mormyridae dans la réserve de Yoko (Kisangani, RD Congo). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(3): 967-999.
DOI:<https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i3.4>.
46. Mamonekene, V., Lavoue, S., Olivier, S.G., Pauwels, S. G. O., Mvebeh, H. J., Mackayah, J-E. & Tchignoumba, L. (2006). Diversité des poissons de Rabi et Gamba, Province de l'Ogooué-Maritime, Gabon. *Bulletin of the Biological Society of Washington*, N^o. 12: 65 - 78.
DOI: https://www.researchgate.net/publication/237076397_Diversite_des_poissons_de_Rabi_et_
47. Mbega, J. D. (2004). Biodiversité des poissons du bassin inférieur de l'Ogooué (Gabon). Volumes I et II. Presses Universitaires de Namur : Namur. <http://africhthy.org/sites/africhthy.org/files/Bas%20Ogooue-Mbega%20%26%20Teugels>
48. Miserendino, M. L. & Pizzolon, L. A. (2003). Distribution of macroinvertebrate assemblages in the Azul-Quemquemtreu river basin, Patagonia, Argentina. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 37: 525-539. DOI:http://www.ephemeropteragalactica.com/pubs/pub_m/pubmiserendinom2003p525.pdf
49. Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the world*. 4th ed. John Wiley and Sons, Inc. New York.
https://www.zin.ru/journals/zsr/content/2006/zr_2006_15_2_Bogutskaya_2.pdf

50. Niamien-Ebrottié, E. J., Konan, K.F., Gnagne, T., Ouattara, A., Ouattara, M. & Gourène, G. (2008). Etude diagnostique de l'état de pollution du système fluvio-lagunaire Aby – Bia-Tanoé (Sud-Est, Côte d'Ivoire). *Sud Sciences et Technologies* ISSN0796-5419, 16-2 (1) : 5-13.
DOI :http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/30379/st16_2.pdf
51. Niemi, G. T. & McDonald, M. E. (2004). Application of ecological indicators. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 35:89-111. DOI:10.1146/annurev.ecolsys.35.112202.130132; <https://pdfs.semanticscholar.org/.../b9f097d4ecf184dcac8e170dc0aa37f4b69b>
52. N'Zi, K. G., Gooré, B. G., Kouamélan, E. P., N'Douba, V., Koné, T. & Frans, O. (2003). Diversité biologique des crevettes d'un petit bassin côtier ouest africain de Côte d'Ivoire en relation avec les variables environnementales. *Sciences et Techniques*, 27(1 et 2): 17-27.
53. Osombause, S. J., Hyangya, L. B., Ulyel, A-P. J., Kankonda, B. A. & Micha, J-C. (2013). Reproduction et régime alimentaire de *Distichodus antonii* Schilthuis, 1891 (Distichodontidae) dans la zone de confluence du fleuve Congo et des rivières Lindi et Tshopo à Kisangani (R.D. Congo). *Tropicultura*, 31, 26-33. DOI : <http://www.tropicultura.org/text/v31n3.pdf>
54. Paugy, D., Lévêque, C. & Teugels, G. G. (2003). Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome I et II. IRD, MNHN et MRAC: Paris.
<http://www.editions.ird.fr/produit/234/9782709915267/Poissons%20deaux%20douces>
<http://sciencepress.mnhn.fr/fr/collections/faune-et-flore-tropicales/poissons-d-eaux-dou>
55. Petit, F. & Schumacker, R. (1985). L'utilisation des plantes aquatiques comme indicateurs du type d'activité geomorphologique d'une rivière ardennaise. *Colloques Phytosociologiques, XIII, Vegetation et geomorphologie*, GEHU Ed.: 691-710.
56. Petts, G. E., Moller, H. & Roux, A. L. (1989). *Historical change of large alluvial rivers*. Western Europe. Wiley, 355 p.
57. Philippart, J.-C. (1989). Ecologie des populations de poissons et caractéristiques physiques et chimiques des rivières dans le bassin de la Meuse belge. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 25 : 175-198.
58. Piscart, C., Moreteau, J. C. & Beisel, J. N. (2005). Biodiversity and structure of macro invertebrate communities along a small permanent salinity gradient (Meurthe River, France). *Hydrobiologia*, 551(1): 227-236. DOI: 10.1007/s10750-005-4463-0;

- https://www.researchgate.net/.../226978624_Biodiversity_and_Stru...
59. Poll, M. & Gosse, J. P. (1995). Généra des poissons d'eau douce de l'Afrique (eds). Académie royale de Belgique : Bruxelles.
 60. Sanogo, Y., Traoré, D., Samaké, F. & Koné, A. (2012). Les communautés ichtyologiques de la rivière Baoulé dans le bassin du fleuve Niger au Mali. *Tropicultura*, 30 (2): 65-71.
DOI:<http://www.tropicultura.org/text/v30n2.pdf>
 61. Sudarto Teugels, G. G. & Pouyaud, L. (2004). Description of a New Clariid Catfish, *Clarias pseudonieuhofii* from West Borneo (Siluriformes: Clariidae). *Zoological Studies*, 43(1): 8-19. DOI: <http://zoolstud.sinica.edu.tw/Journals/43.1/8.pdf>
 62. Tanoh, K. M., Berté, S., Konan N'ZI, G., Bamba, M., Goore, B. G. & Essetchi, K. P. (2013). Peuplement ichtyologique du complexe Brimé-Méné-Nounoua, Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(6): 2248-2263. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i6.6>.
 63. Tarr, T. L., Baber, M. J. & Babbitt (2005). Macroinvertebrate community structure across a wetland hydroperiod gradient in southern New Hampshire, USA. *Wetlands Ecology and Management*, 13(3): 321-334. DOI: 10.1007/s11273-004-7525-6;
<https://insights.ovid.com/wetlands-ecology-management/wetem/2005/06/000/macr>.
 64. TerBraak, C. J. F. & Smilauer, P. (1999). CANOCO for Windows (version 4.02) - a FORTRAN program for canonical community ordination. Centre for biometry Wageningen. Wageningen. The Netherlands.
 65. Teugels, C. G. & Adriaens, D. (2003). Taxonomy and phylogeny of Clariidae, An overview: In *Catfishers, Ine*; Enfield. NH (USA). Vol. pp 466 – 487.
 66. Teugels, G. G. (1986). A systematic revision of the African species of the genus *Clarias* Pisces, Clariidae. *Ann. Mus. r. Afr. centr. Sci. zool.*, Tervuren, 247, 199, 468 - 495 p.<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BE880063588>
 67. Wu, J., Wang, J., He, Y. & Cao, W. (2011). Fish assemblage structure in the Chishui River, a protected tributary of the Yangtze River. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.* 400(11): 1-14.
 68. Yao, A. A., Konan, K. M., Doumbia, L., Ouattara, A. & Gourene, G. (2019). Diversité et Structure du Peuplement Ichtyologique du Bassin Inférieur du Fleuve Comoé (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal* edition Vol.15, No.6 ISSN: 1857 – 7881.
Doi:10.19044/esj.2019.v15n6p244;
URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n6p244>

69. Yao, S. S., Kouamélan, E. P., Koné, T., N'Douba, V., Gooré Bi, G., Ollevier, F. & Thys Van Den Audenaerde, D. F. E. (2005). Fish communities along environment gradients within the Comoé River basin, Côte d'Ivoire. *African Journal of Aquatic Science*, 30: 195–204. DOI: <https://doi.org/10.1051/kmae/2012002>.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Évaluation de Stocks de Semence de *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich. (Ebenaceae): Une Espèce en Forte Régression au Niger

Ado Ali

Université d'Agadez,
Faculté des Sciences et Techniques, Agadez, Niger

Manirou Oumarou

Maman Maârouhi Inoussa

Ali Mahamane

Mahamane Saadou

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et
Techniques, Département de Biologie Laboratoire Garba Mounkaila,
Niamey, Niger

Saley Karim

Département de Biologie, Maradi-Niger de la Faculté des Sciences et
Techniques à l'Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p142](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p142)

Submitted: 13 June 2022

Accepted: 05 September 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Ali A., Oumarou M., Inoussa M.M., Saadou M. & Karim S. (2022). *Évaluation de Stocks de Semence de Diospyros mespiliformis Hochst. ex A. Rich. (Ebenaceae): Une Espèce en Forte Régression au Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 142.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p142>

Résumé

Les graines sont les éléments indispensables dans la dispersion et le renouvellement des individus d'une espèce. De-la qualité et surtout de la quantité de ses graines dépendent la dynamique d'une population surtout ligneuse. L'objectif est d'évaluer les stocks des semences de *D.mespiliformis* dans les sols afin de contribuer à la maîtrise des contraintes liées à sa régénération naturelle. Ainsi un échantillon de 265 arbres adultes dans les zones de présence de l'espèce a été pris pour cette étude le long de quatre cours d'eau du Niger (Dargol, Goulbi N'kaba, Goulbi Maradi, Gouroubi). L'évaluation des stocks de graines du sol révèle 42 graines/m² avec le pourcentage de

graines pleines variant entre 73,98 % à Goroubi et 95,94% dans les champs dunaires de Goulbi Maradi. Au total, 83 % de graines récoltées sont pures avec une viabilité moyenne de 95 %. Ce stock est nécessaire et est suffisant pour assurer la dynamique progressive de population de l'ébène d'Afrique.

Mots-clés: Graines, stock, viabilité, *Diospyros mespiliformis*, Niger

Evaluation of Seed Stocks of *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich. (Ebenaceae): A Species in Sharp Decline in Niger

Ado Ali

Université d'Agadez,
Faculté des Sciences et Techniques, Agadez, Niger

Manirou Oumarou

Maman Maârouhi Inoussa

Ali Mahamane

Mahamane Saadou

Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et
Techniques, Département de Biologie Laboratoire Garba Mounkaila,
Niamey, Niger

Saley Karim

Département de Biologie, Maradi-Niger de la Faculté des Sciences et
Techniques à l'Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

Abstract

Seeds are indispensable in the dispersal and renewal of a particular species. The quantity and quality of these seeds depend on the dynamics of a predominantly woody population. The objective is to assess seed stocks in soils so as to contribute to the knowledge of the difficulties related to natural regeneration of *D. mespiliformis*. A sample of 265 adult trees were taken from the species for this study along four rivers of Niger (Dargol, Goulbi kaba, Goulbi Maradi, Gouroubi). The evaluation of the soil seed stocks reveals 42 seeds/m² with the percentage of full seeds varying between 73.98% in Goroubi and 95.94 % in the dune fields of Goulbi Maradi. 83% of seeds harvested are pure with an average viability of 95%. This stock is necessary and sufficient to allow the progressive population dynamics of african ebony.

Keywords: Seeds, stock, viability, *Diospyros mespiliformis*, Niger

Introduction

D'origine Afrique tropicale sauf en zone humide, *Diospyros mespiliformis* est très répandue, car elle s'étend du Sénégal jusqu'en Erythrée, en Ethiopie et au Kenya. Vers le sud on la trouve jusqu'en Namibie, au nord de l'Afrique du Sud et au Swaziland, mais elle est presque absent des zones de forêt plus humides d'Afrique de l'Ouest et centrale (Arbonier, 2000). On la trouve également au Yémen. Elle présente une différence morphologique en fruit et en feuilles suivant les zone phytogéographique (Gnonlonfin *et al.*, 2022). Au Niger, l'espèce est généralement présente dans les savanes boisées et les galeries forestières surtout le long de cours d'eaux comme ceux de Goulbis et les affluents du fleuve Niger. Ces zones présentent des types de végétation variés (Mahamane *et al.*, 2009) où *D. mespiliformis* est l'une des espèces dominantes et forme parfois des peuplements presque monospécifiques caractérisés par une régénération naturelle faible surtout les semis (Ali *et al.*, 2017). D'une part, elle très prisée par la population rurale car utilisée dans tous les services écosystémiques et d'autre parts l'espèce est en régression (Ahmed *et al.*, 2017 ; Ali *et al.*, 2021) dont les causes nécessitant la clarification. Dans les écosystèmes naturels, la régénération peut être limitée par des facteurs comme la prédation ou l'infestation des graines. L'aptitude de certaines espèces végétales à constituer un stock de graines persistant dans le sol est un élément important à considérer dans les opérations de restauration (Delescaille, 2006). Face à ces nombreuses contraintes, cette étude a pour objectif de contribuer à la connaissance des difficultés liées à la régénération naturelle de *D. mespiliformis* à travers des collectes d'informations robustes qui seront à considérer dans les opérations de restauration de l'espèce.

Matériel et méthodes

Sites

Les sites dont les prospections ont été réalisées sont le Goulbi Kaba, le Dargol, le Goroubi et le Goulbi Maradi (Figure 1). Le climat est de type sahélien avec une pluviométrie comprise entre 400 mm et 600 mm (Saadou, 1990). Les types de végétations caractéristiques sont la forêt sèche basse sur les plateaux, la forêt-galerie sur les berges des cours d'eau et la savane sur les terrasses sableuses, les dunes et dans les vallées sèches (Mahamane *et al.*, 2009). La flore comprend *Xeroderris sthulmannii* (Taub.) Mendonça & E.C.Sousa, *Stereospermum kunthianum* Cham., *Pterocarpus rinaceus* Poir., *Lannea fructicosa* (Hochst. ex A. Rich.) Engl., *Dioscorea dumetorum* (Kunth) Pax, *Ascolepis protea ssp*, *Loeseneriella africana* (Willd.) R. Wilczek sur les plateaux latéritiques ; *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. & Dalz., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich., *Ficus platyphylla* Del. dans les forêts-galeries et *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don, *Strychnos spinosa* Lam., *Tapinanthus dodoneifolius* (DC.) Danser, *Boswellia dalzielii* Hutch. sur les

terrasses sableuses (Mahamane et *al.*, 2009). Les sols sont de type hydromorphes caractérisés par la présence d'eau en excès, de manière temporaire ou permanente, à des profondeurs diverses (FAO, 2007). Ainsi, pour tenir compte des zones de distribution de l'espèce, quatre compartiments phytogéographiques ont été retenus (Saâdou, 1990), (Figure 1) à savoir :

- Le compartiment Nord-soudanien occidental (A1)

La pluviométrie est supérieure à 600 mm et la végétation est composée de forêt sèche basse sur les plateaux latéritiques, forêt-galerie sur les berges des Dallols, forêt claire sur les terrasses argileuses méridionales et dans les toposéquences de vallées, savanes dans les vallées sèches et sur les dunes fixées surplombant les vallées.

- Le compartiment Nord-Soudanien central (A2)

La pluviométrie est supérieure à 600 mm et la végétation est composée de forêt sèche basse sur les plateaux, forêts-galeries sur les berges des cours d'eau, savanes sur les terrasses sableuses, les dunes et les vallées sèches.

- Le compartiment Sud-Sahélien occidental (B1)

La pluviométrie est comprise entre 400 et 600 mm et la végétation est composée de fourrés à

Combretum sur les plateaux latéritiques, steppes sur les terrasses sableuses, dans les vallées sèches et sur les dunes fixées.

- Le compartiment Sud-sahélien central (B2)

La pluviométrie est la même que dans le compartiment précédent. La végétation est également composée de fourrés à *Combretum* sur les plateaux latéritiques mais avec des savanes sur les terrasses sableuses méridionales et steppes sur les dunes et dans les vallées sèches.

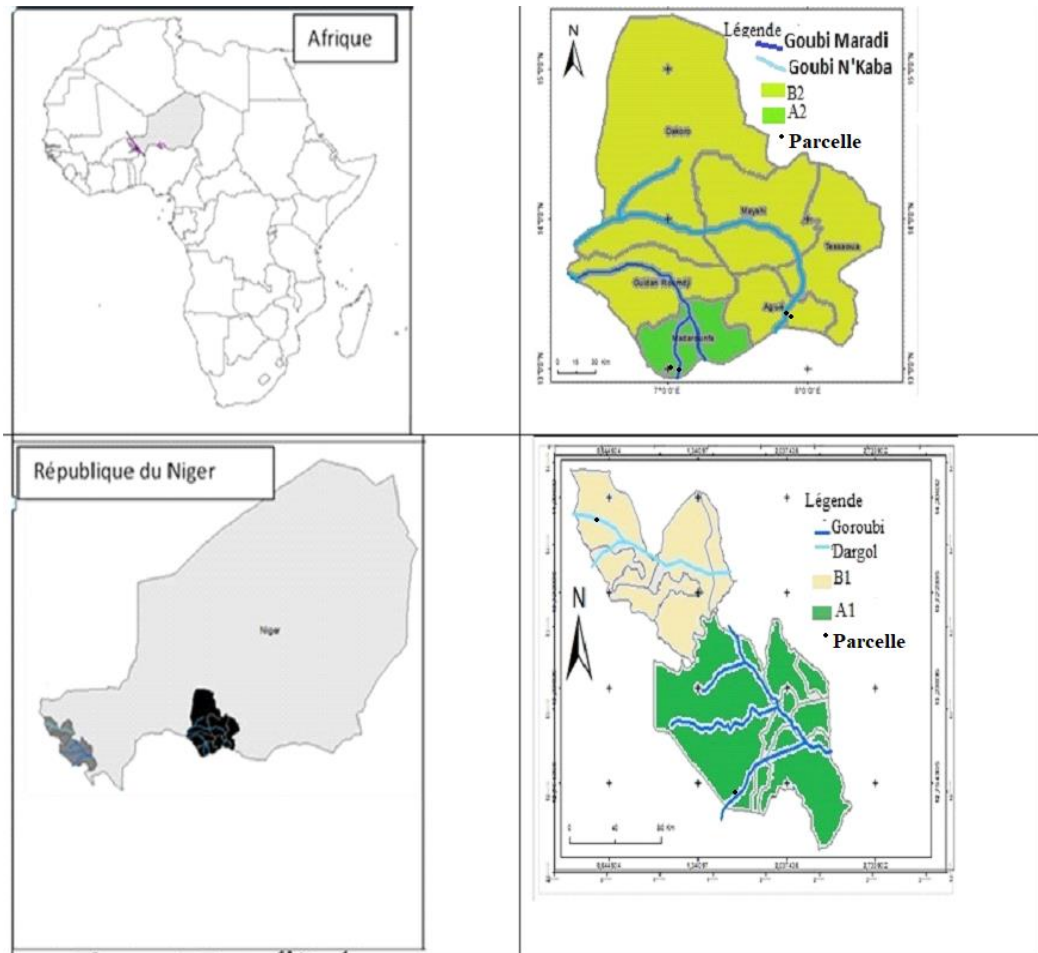


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

Collecte des données

Délimitation des parcelles d'étude et mesures de terrain

Un échantillonnage axé sur le type de zone d'étude, et la taille de celle-ci a été effectué pour prendre en compte la diversité de ces milieux. Des parcelles de 1 ha (100 x 100 m) chacune, ont été délimitées. Dans chaque site, deux parcelles ont été délimitées, une dans le lit de cours d'eau et une deuxième dans les champs dans la mesure de possible.

Au niveau de toutes les parcelles, nous avons procédé à un comptage systématique de tous les rejets, il s'agit des jeunes plants issus de la régénération par graines, par bouturage et par drageonnage pour évaluer la régénération.

Pour l'évaluation des stocks de semence, sous le houppier et à proximité de chaque individu de *D. mespiliformis* un dispositif a été installé pour récolter les graines (Figure 2). Ce dispositif a consisté à mettre en place

des placeaux de 1 m² (1 m × 1 m) tout au long des 2 diamètres perpendiculaires du houppier. Dans chaque placeau un tamis a été utilisé pour tamiser recueillir toutes graines. Le comptage des semences (fruits et graines) a été réalisé dans ces placeaux. Les fruits intacts, pourris ou infestés ont été notés. Cette procédure a été appliquée à tous les individus se trouvant dans les parcelles. Ces stocks ou banques de graines revêtent une importance considérable pour la résilience écologique, à travers la régénération naturelle des peuplements végétaux ou dans la réapparition spontanée de certaines espèces en apparence disparues pendant des durées plus ou moins longues.

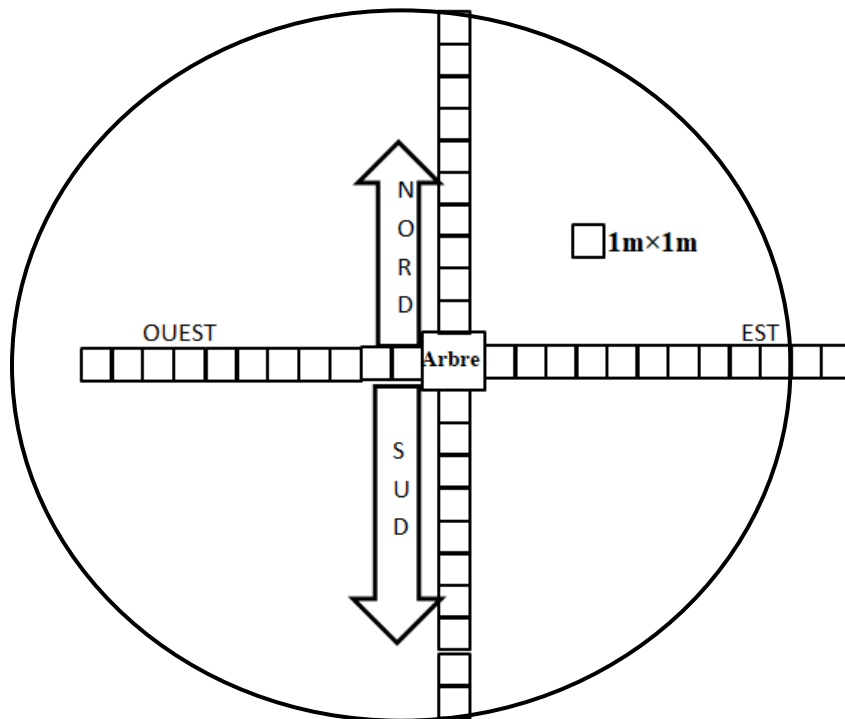


Figure 2. Dispositif d'échantillonnage du stock des semences du sol

Traitement et Analyse des données

Les données collectées ont été transférées dans un classeur Excel où le calcul des différents paramètres analytiques a été effectué.

Le dépouillement et les courbes ont été également effectués sur Excel. Le logiciel Minitab a été également utilisé pour la comparaison des densités et des moyennes entre les différentes parcelles. La différence entre les paramètres de quantité et de qualité des graines a été évaluée par une analyse de variance (ANOVA) à un facteur. Le test de Tukey et de Fisher au seuil de 5 % ont été utilisés pour les comparaisons.

- *Densité, fréquence et taux de régénération*

- La fréquence spécifique q_{ij} est le rapport entre le nombre d'individus d'une espèce ou d'une famille au nombre total des individus de ces taxons dans l'échantillonnage.
- Le potentiel ou le taux de régénération d'une espèce selon Poupon (1980), est le rapport entre l'effectif total des jeunes plants ($\emptyset < 2$ cm pour les arbustes, ou à 5 cm pour les arbres) et celui d'individus semenciers ($\emptyset > 2$ cm pour les arbustes ou à 5 cm pour les arbres).
- La densité (N, en nombre d'arbres/ha) des peuplements en individus adultes a été calculée par le rapport entre le nombre total d'individus recensés sur la surface totale (en ha) de la zone considérée.

$$N = \frac{n}{S}$$

« n » est le nombre de pieds répertoriés et « S » la superficie en hectare (ha).

- *Essai de pureté*

Pour mesurer le degré de propreté des semences, nous avons séparé les graines pures des graines impures, et nous les avons pesés séparément. Une graine est considérée comme pure si elle apparaît normale en taille, forme et aspect extérieur général. A l'inverse, une graine qui est trop petite, qui a été partiellement dévorée par les insectes, ou qui montre des taches de moisissure, est considérée comme impure.

Le pourcentage de pureté est calculé selon la formule: (ISTA, 2009)

$$\text{Pourcentage de pureté} = \frac{\text{Poids de graines pures}}{\text{Poids total de l'échantillon}} \times 100$$

- **Nombre de semences par unité de poids**

Il est important de connaître le nombre de graines par unité de poids si l'on doit entreposer une récolte de semences, parce que ce nombre, et la vigueur germinative peuvent servir à calculer le poids approximatif de semences nécessaires pour produire un nombre donné de plants. Pour déterminer le nombre de graines par unité de poids, nous avons prélevé au hasard dans le lot de semences plusieurs échantillons, de 100 graines, et compté ensuite le nombre de graines pures et pleines puis les pesé. Comme dans l'essai de pureté, on élimine les graines impures, et on retient toutes les autres.

Le nombre de graines pures par kilogramme a été calculé par la formule suivante (ISTA, 2009):

$$\begin{aligned} & \text{Nb. de graines pures/kg} \\ &= \frac{\text{Nb de graines pures dans l'échantillon}}{\text{Poids de graines pures dans l'échantillon (en g)}} \times 1000 \end{aligned}$$

- *Essai de viabilité*

La viabilité d'un lot de semences, de même que la germination maximale possible à attendre, sont indiquées par les résultats de l'essai de viabilité.

Le mode opératoire général de l'essai de viabilité est le suivant: prélever dans le lot de semences un échantillon de 100 (ou multiple de 100) graines pures et pleines (ISTA, 2009); ouvrir chaque graine en la coupant en deux à l'aide d'un couteau, ou en briser le tégument à l'aide d'un petit marteau; examiner les graines et compter celles qui ont un albumen et un embryon sains, pleins et bien développés. Pour le cas *D. mespiliformis* nous avons laissé les graines séjourner dans l'eau tiède pendant 48 h pour amollir les téguments pour faciliter l'ouverture (Figure 3).

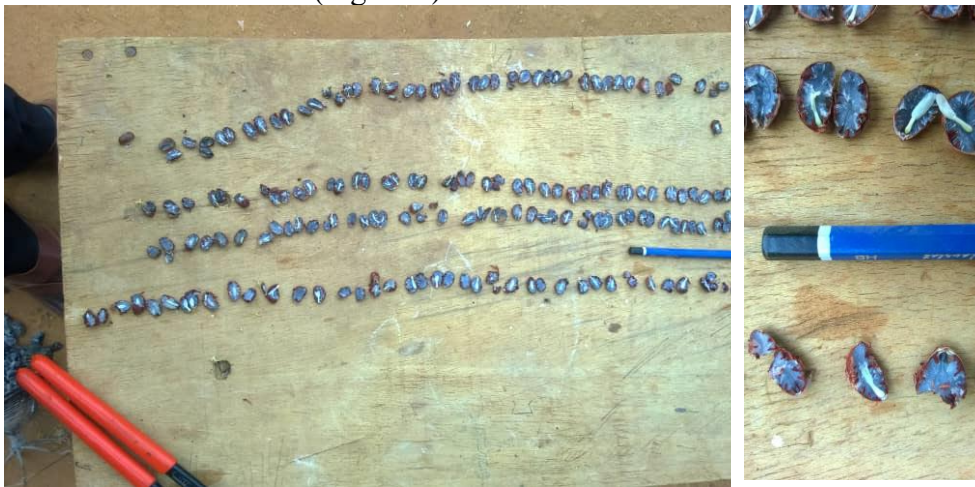


Figure 3. Technique de détermination des graines viables de *D. mespiliformis*.

Le pourcentage de graines pleines est calculé comme suit (ISTA, 2009):

% de graines pleines

$$= \frac{\text{Nb de graines saines, pleines et bien développées}}{\text{Nb total de graines dans l'échantillon}} \times 100$$

Résultats

Densité

L'analyse de densité des pieds adultes et celle de régénération montre une dominance de *D. mespiliformis*. La densité varie en fonction des sites pour toutes les espèces (Tableau 1). En effet, la densité la plus élevée a été obtenue à Dargol (312 pieds/ha) et la plus faible valeur a été observée dans les champs dunaires de Goulbi N' Kaba (5 pieds/ha).

Tableau 1. Densité (pieds/ha) de ligneux dans les différents sites

ESPECE	Dargol Champ		Goroubi Champs		Goulbi Maradi				Goulbi N'Kaba			
					Champs		Berge		Champs		berge	
	DT	DR	DT	DR	DT	DR	DT	DR	DT	DR	DT	DR
<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A. Rich.	64	10	312	163	10	1	8	0	5	0	51	11

Fréquence et taux de régénération

La fréquence et le taux de régénération sont très variables suivant les sites. L'ensemble des sites est caractérisé par un très faible taux de régénération de *D. mespiliformis* qui, dans le meilleur de cas est de 52,24 % à Goroubi (Tableau 2).

Tableau 2. Les fréquences et les taux de régénération selon les sites

ESPECE	Dagor Berge		Goroubi Berge		Goulbi Maradi				Goulbi N'Kaba			
					Champs		Berge		Champs		berge	
	Fr	Tr	Fr	Tr	Fr	Tr	Fr	Tr	Fr	Tr	Fr	Tr
<i>Diospyros mespiliformis</i>	75	16	78	52.24	21	10	8	0	2.85	0	61	22

Quantité et qualité des semences au sol

Les résultats de l'évaluation du stock de semences montrent une bonne production de semences de *D. mespiliformis*. Globalement, le Tableau 3 présente les différents paramètres d'évaluation des semences. L'analyse du tableau montre que le nombre de graines/m² et la masse unitaire de graines sont significativement plus élevés à la berge du Goulbi Maradi (98 graines/m² avec 0,4 g/graine) que les autres sites. Le pourcentage de pureté (96,38 %) et le pourcentage de graines pleines (95,94 %) présentent des différences significatives par rapport à l'ensemble. Dans tous les sites, le nombre de graines pures/kg récolté n'est pas significativement différent avec une moyenne de 4 254 graines pures/kg dont le coefficient de variation est de 21,79 %.

Tableau 3. Le nombre de graines/m², la masse de graines (g), le pourcentage de pureté, le nombre de graines pures/kg et le pourcentage de graines pleines en fonction de sites de récoltes

Site	Nombre de graines/m ²	Masse de graines (g)	pourcentage de pureté	Nombre graines pures/kg	pourcentage de graines pleines
Dargol berge	29,88±38,28 ^b	0,21±0,05 ^b	79,69±11,13 ^a	3768,76±1364,36 ^a	77,54±10,96 ^{ab}
Goroubi berge	26,26±30,79 ^b	0,34±0,74 ^b	79,54±14,47 ^a	4908±1430,38 ^a	73,98±19,61 ^b
Goulbi Maradi champ	27,21±24,23 ^b	0,31±0,01 ^{ab}	96,38±3,5 ^a	3241,02±116,48 ^a	95,94±3,83 ^a
Goulbi Maradi berge	98,27±105,8 ^a	0,4±0,17 ^a	78,97±10,58 ^a	3280,81±2573,69 ^a	79,37±11,84 ^{ab}
Goulbi N'kaba champ	22,3±21,15 ^b	0,29±0,13 ^{ab}	88,10±10,81 ^a	5218,82±5178,27 ^a	85,55±13,57 ^{ab}
Goulbi N'kaba berge	45,76±82,41 ^b	0,30±0,13 ^{ab}	78,10±14,88 ^a	5108,82±5278,01 ^a	75,55±13,57 ^{ab}
Moyenne	41,61±28,92	0,30±0,06	83,46±7,30	4254±927,14	82,08±8,94
C.V (%)	69,49	20,24	8,75	21,79	10,89
P. value	0,000	0,002	0,097	0,590	0,073

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont sensiblement différentes

Discussion

Comparativement aux espèces les plus rencontrées dans la zone, *Diospyros mespiliformis* qui est l'une des espèces les plus fréquentes (Ali *et al.*, 2017) présente une densité relativement faible par rapport à *Prosopis africana* (Guill & Perr) Taub. (Laouali *et al.*, 2016) et *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst (Abdourahamane *et al.*, 2013) qui sont les espèces les plus exploitées dans la zone. Cependant, cette densité est plus élevée que celles des 6 espèces les plus consommées en période de soudure alimentaire au Niger (Ali *et al.*, 2016 ; Amadou *et al.*, 2020). Le taux de régénération fait ressortir un vieillissement de l'espèce avec un taux inférieur à 50%. La situation est similaire à celle obtenue par Douma *et al.* (2010) mais ce taux est inférieur à celui obtenu par Hountondji *et al.* (2013) en zone soudanienne de Benin. Cette différence peut s'expliquer par le fait que la densité est fonction de la végétation, du gradient pluviométrique, du type d'exploitation de l'espèce et de son statut de conservation.

Les résultats montrent une bonne quantité de graines suffisante pour assurer le renouvellement régulier de la population de *D. mespiliformis*. En moyenne le stock de graine est de 42 graines/m². Cette teneur est en dessous de 90 graines/m² trouvées par (Niang-Diop *et al.*, 2010) au Sénégal sur *Prosopis africana* mais en termes de qualité nos résultats présentent une qualité nettement supérieure à 83 % contre 21 %. La masse moyenne unitaire de graine est 0,3 g comparée à son volume ce qui fait d'elle suffisamment lourde pour ne pas être transportée par le vent. Vu la taille des graines de *D. mespiliformis* les types de disséminations les plus prouvables peuvent être l'autochtonie, l'entomochorie et l'hydrochorie qui sont des facteurs favorisant la germination des graines à tégument dure lié à la présence de diastases qui digèrent ces téguments, comme le cas de *Prosopis africana* (Niang-Diop *et al.*, 2010). La quantité moyenne est de 4 254 graines/kg qui est très variable suivant les phénotypes car cette quantité varie entre 2 400 à 3 200 graines/kg

(El-Kamali *et al.*, 2011). Le pourcentage de graines pleines très élevé (95 %) est un bon indicateur de la santé de graines se trouvant dans les sols car elles constituent les graines viables. Selon Zabinski *et al.* (2000), seules les graines viables sont prises en compte dans la régénération issue de la banque de graines en constituant une réserve qui va intervenir dans le mécanisme de régénération. La faible régénération de *D. mespiliformis* est probablement due à un problème de croissance de jeunes individus imputable à la longue saison sèche mais pas à un problème de germination des graines et ou à la disponibilité des graines au sol.

Conclusion

Les résultats de nos travaux mettent en évidence une faible densité de *D. mespiliformis* d'autant plus faible dans les milieux plus anthropisés (champs et jardins). Le peuplement est caractérisé par une faible régénération naturelle. L'évaluation de stocks de semences a montré une bonne disponibilité des graines dans le sol suffisants pour assurer le renouvellement naturel de population de l'espèce. Les résultats obtenus sur le stock de graines récoltées en milieu naturel sont en inadéquation avec la régénération naturelle de *D. mespiliformis*. Ce qui suggère que le stock de semence ne constitue pas une contrainte majeure à la régénération naturelle de *D. mespiliformis*.

References:

1. Abdourhamane, H., Morou, B., Rabiou, H., & Mahamane, 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 ; Int. J. Biol. Chem. Sci.; 7(3) ; 1048-1068.
2. Ahmed, A.H. & Mahmud, A.F. (2017). Pharmacological activities of *Diospyros mespiliformis*. International Journal of Pharmacy and Biological Sciences. pp 93-96.
3. Ali, A., Abdou, L., Douma, S., Mahamane, A., & Saadou, M. (2016). Les ligneux alimentaires de soudure dans les communes rurales de Tamou et Tondikiwindi: diversité et structure des populations. Journal of Animal & Plant Sciences ; 31(1); 4889-4900.
4. Ali, A., Morou, B., Inoussa, M. M., Abdourhamane, S., Mahamane, A., & Saadou, M. (2017). Caractérisation des peuplements ligneux des parcs agroforestiers à *Diospyros mespiliformis* dans le centre du Niger ; Afrique Science; 13(2); 87 - 100.
5. Ali, A., Oumarou, M., Moukaila, S., & Mahamane, A. (2021). Perception paysanne de l'utilisation de *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich au Niger. J. Appl. Biosci.160.16460-16474.

6. Amadou, G., Abdou, A., Soumana, D., Abdoul, K.S.S., & Ali, M. (2020). Structure des populations de *Tamarindus indica* L. dans la zone Sud-Ouest du Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14(1): 126-142, <http://www.ifgdg.org>.
7. Arbonnier, M. (2000). Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD - MNHN - UICN, Montpellier (France), 541 p.
8. Delescaille, L.M., Taupinart, E., & Jacquemart, A.L. (2006). L'apport de la banque de graines du sol dans la restauration des pelouses calcicoles: un exemple dans la vallée du Viroin (prov. de Namur, Belgique). *Parcs et Réserves - Volume 61 n°3*.
9. Douma, S., Chaibou, R., Mahamane, A., Dibi hyppolite, N., & Mahamane, S. (2010). Etat actuel de dégradation des populations de quatre espèces ligneuses fruitières en zone sahélo-soudanienne du Niger : réserve totale de faune de tamou. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 16 : 191 – 210.
10. El-Kamali, H.H. (2011). *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A.DC. [Internet] Record from PROTA4U. Lemmens, R.H.M.J., Louppe, D. & Oteng-Amoako, A.A. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands.
11. FAO (2007). Deuxième rapport sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture au Niger ; P 68.
12. Gnonlonfin, L., Biaou, H., & Ouinsavi, C. A. I. N. (2022). Morphological variation in *Diospyros mespiliformis* (Ebenaceae) among different habitats in Benin, West Africa *Journal of Ecology and The Natural Environment*. 14(2), pp. 44-55.
13. Hountondji, Y.C., Gaoue, O.G., Sokpon, N., & Ozer, P. (2013). Analyse écogéographique de la fragmentation du couvert végétal au nord Bénin : paramètres dendrométriques et phytoécologiques comme indicateurs in situ de la dégradation des peuplements ligneux. *Geo-Eco-Trop.*, 37, 1 : 53-70.
14. ISTA (2009). Règles internationales pour les essais de semences. Bassersdorf, Suisse: Association internationale d'essais de semences (AIES).
15. Laouali, A., Boubé, M., Tougiani, A., & Mahamane, A. (2016). Analysis of the Structure and Diversity of *Prosopis africana* (G. et Perr.) Taub. Tree Stands in the Southeastern Niger. *Journal of Plant Studies*; 5(2); 58-67.
16. Mahamane, A., Mahamane, S., Mohamed, B.D., Karim, S., Bakasso, Y., Abdoulaye, D., Boubé, M., Inoussa, M.M., Idrissa, S., & Arzika,

- T. (2009). Biodiversité végétale au Niger : état des connaissances actuelles. *Ann. Univ. Lomé (Togo), Sciences*, 18 : 81-93.
17. Niang-diop, F., Sambou, B., & Lykke, A.M. (2010). Contraintes de régénération naturelle de *Prosopis africana* : facteurs affectant la germination des graines. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(5): 1693-1705.
18. Poupon, H. (1980). Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne-au nord du Sénégal. Orstom éd. (Etudes & Thèses), Paris ; 307 p.
19. Saadou, M. (1990). La végétation des milieux drainés nigériens à l'Est du fleuve Niger. Thèse de Doctorat ès -Sciences Naturelles. Université de Niamey.
20. Zabinski, C., Wojtowicz., T., & Cole, D. (2000). The effects of recreation disturbance on subalpine seed banks in the Rocky Mountains of Montana. *Can. J. Bot.* 78:577-582.

Durabilité des Peuplements de Mangrove au Large de la Lagune Ebrié dans les Sous-préfectures de Toukouzou, Jacquerville et Attoutou (Sud de la Côte d'Ivoire)

Crystel Natacha Bohoussou, Doctorante
N'Da Hyppolite Dibi, Enseignant chercheur
Université Felix Houphouët, Côte d'Ivoire
Jean-Jacques Bali Birba, Consultant
Ouagadougou, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p155](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p155)

Submitted: 14 July 2022

Accepted: 05 September 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Bohoussou C.N., Dibi N.H. & Bali Birba J.J.(2022). *Durabilité des Peuplements de Mangrove au Large de la Lagune Ebrié dans les Sous-préfectures de Toukouzou, Jacquerville et Attoutou (Sud de la Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 155.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p155>

Résumé

La présente étude est une contribution à la gestion durable des écosystèmes de mangrove. Elle s'est faite par enquête portant sur l'identification des usages du palétuvier par les populations, la détermination des modes de gestion de la ressource et l'évaluation de la durabilité. Ainsi, une enquête par entrevues dirigées à l'aide d'un questionnaire a été réalisée auprès des populations de 8 localités (Gbehiri, Teffrédji, Tiemien, Avadivry, Niangoussou, Toukouzou, Gboyo et Azagny) au large de la lagune Ebrié. L'analyse descriptive faite des données collectées indique qu'il existe 5 classes d'usage de la mangrove par la population. Il s'agit des usages pour : la fabrication du matériel (8,01%), le bois d'énergie, la médecine traditionnelle (3,87%), la pêche et l'aquaculture (7,44%). La mangrove est au cœur de la vie socioéconomique des populations lagunaires. En effet, il existe trois modes de gestion pour cette ressource. Il s'agit de la gestion traditionnelle par la communauté villageoise, privée pour le propriétaire terrien et la gestion administrative, dans le sciage du site RAMSAR d'Azagny, une restriction sur l'accès à la ressource est imposée par l'office ivoirien des parcs et réserves. Si la population reconnaît l'importance de la mangrove, sa gestion n'est toutefois

pas faite dans un esprit de durabilité puisqu'aucune action de renouvellement de la ressource n'est entreprise.

Mots-clés : Durabilité, Mangrove, Usage, Côte d'Ivoire

Sustainability of Mangrove Stands off the Ebrié Lagoon in the Sub-prefectures of Toukouzou, Jacqueville and Attoutou (Southern Côte d'Ivoire)

Crystel Natacha Bohoussou, Doctorante
N'Da Hyppolite Dibi, Enseignant chercheur
Université Felix Houphouët, Côte d'Ivoire
Jean-Jacques Bali Birba, Consultant
Ouagadougou, Burkina Faso

Abstract

This study is a contribution to the sustainable management of mangrove ecosystems. It was carried out by means of a survey to identify the uses of mangroves by the populations, to determine the management methods of the resource and to evaluate its sustainability. Thus, a questionnaire survey was carried out with the help of guided interviews with the populations of eight localities (Gbehiri, Teffrédji, Tiemien, Avadivry, Nianguoussou, Toukouzou, Gboyo and Azagny) off the Ebrié lagoon. The descriptive analysis made of the collected data indicate that there are five classes of use of the mangrove by the population. These are uses for: the manufacture of materials (8.01%), energy wood, traditional medicine (3.87%), fishing and aquaculture (7.44%). The mangrove is at the heart of the socio-economic life of the lagoon populations. Indeed, there are three management methods for this resource: traditional management by the village community and administrative management, for forest exploitation of the RAMSAR site of Azagny. Here, an access, restriction of the resource is imposed by the Ivorian office of parks and reserves. If the population recognizes the importance of the mangrove, its management is however not made in a spirit of sustainability since no action of renewal of the resource is undertaken.

Keywords: Sustainability, Mangrove, Use, Ivory Coast

Introduction

La mangrove est considérée aujourd'hui comme un des écosystèmes les plus importants de notre planète grâce aux nombreux services

écosystémiques rendus aux niveaux écologique, social et économique. Malgré son importance, cette ressource fragile et unique (World Rainforest Movement, 2002) est de plus en plus menacée, car elle se situe à l'interface entre la mer et la terre, zones convoitées par les populations.

L'Afrique possède 3,2 millions d'hectares de mangroves (FAO, 2007) dont 70% se concentrent au Nigeria, Mozambique, à Madagascar, en Guinée et au Cameroun. En 2016 les superficies de mangrove sont passées à 27043 km². Cette superficie est de 19767 km² en Afrique de l'ouest et centrale. Quant à l'Afrique de l'est et du sud elle est de 7276 km² (Splalading et al, 2021). La dégradation et la déforestation de ces écosystèmes sont sans doute liées à la surexploitation des ressources, à la pratique de l'aquaculture d'étang, à la décharge côtière et à l'urbanisation, sans oublier les effets indirects de la pollution et d'autres formes d'utilisation de la terre en amont (Alexandris et al., 2013 ; Armah et al., 2010 ; Maoulana-Abbas, 2009). 1/4 des superficies des écosystèmes de mangrove ouest africain a disparu entre 1980 et 2006 (UNEP-WCMC, 2007).

Des articles plus récents signalent néanmoins une amélioration (Bryan-Brown et al., 2020 ; Friess et al., 2020). Selon le rapport général de la FAO de 2020, la diminution des surfaces de mangrove a ralenti de moitié si l'on compare 1990-2000 et 2010-2020, de 47 000 ha par an à 21000 ha. Les cartes répertoriaient 136 000 km² de mangroves dans le monde en 2016. Celles-ci montrent une destruction nette de 4,3 % des mangroves entre 1996 et 2016. Mais elles montrent également que les vitesses moyennes de destruction de mangroves ralentissent dans le monde entier. Face à toutes ces menaces au niveau mondial, continental et local, une priorité a été faite sur les zones humides en général dans la conservation de la biodiversité avec la convention RAMSAR 1971.

En Côte d'Ivoire, malheureusement, ces zones humides, et particulièrement les mangroves, ne reçoivent pas l'attention qu'elles méritent. Elles sont ainsi dégradées à un rythme inquiétant tout au long des côtes ivoiriennes (Egnankou, 1985), où elles occupent une superficie très restreinte.

Dans le site RAMSAR d'Azagny très peu de travaux ont été menés sur les mangroves. Et pourtant Bohoussou (2017), a mené une étude qui portait sur la caractérisation et la cartographie des écosystèmes de mangrove dans la zone Sud-Est du Parc National d'Azagny à partir des images Spot 6 (site RAMSAR). Cette étude avait pour objectif général d'améliorer les connaissances sur la répartition spatiale des mangroves dans la zone périphérique du Parc National d'Azagny. Suite à cette étude elle montre que les mangroves subissent une dégradation alarmante par la coupe abusive des palétuviers dans la périphérie du Parc National d'Azagny (PNA) et, plus précisément, dans la Sous-Préfecture de Toukouzou- Hozalème. Cette situation représente une réelle menace de disparition de la ressource dans les villages

périphériques qui pourrait conduire les populations à violer les limites du Parc. Aussi, les informations sur les usages de la mangrove, leur mode de gestion et les actions à mener pour sa survie sont très peu connus.

C'est dans ce contexte que la présente étude a été initiée. Elle se fixe pour objectif général de contribuer à améliorer des connaissances sur les dispositifs traditionnels de conservation des peuplements de mangrove par les populations locales. De manière spécifique, il s'agira de déterminer les usages locaux de la mangrove, ensuite identifier les modes de conservation traditionnelle, et enfin évaluer la durabilité des modes de conservation.

Méthodes

Site d'étude

La zone d'étude se localise dans la région des Grands-ponts, au sud de la Côte d'Ivoire. Elle est à cheval sur les Sous-Préfectures de Toukouzou-Hozalème, Jacqueline et Attoutou. Cette zone est inscrite dans un quadrilatère délimité par les latitudes 5°11 et 5°12 Nord et les longitudes 4°33 et 4°5 Ouest (Figure 1). Estimée à 123 971 habitants, la région des Grands ponts couvre une superficie de 18 589 ha. Située entre la mer et la lagune, c'est une vaste zone humide alimentée par la lagune Ébrié, avec la présence de mangroves impactées par les activités anthropiques. Le climat est de type subéquatorial caractérisé par deux saisons (pluvieuse et sèche). La grande saison pluvieuse s'étend de mars à juillet et la petite saison de septembre à décembre. La saison sèche la plus longue part de janvier à février et la plus courte en août. L'on note la présence des groupes ethniques autochtones, à savoir les Avikams, Ahizis et Aladjans, et allochtones, tels que les Dida, Baoulé, Agni, Gouros, Sénoufo, Abbey. La majorité de ces peuples s'adonnent principalement aux activités de pêche et l'agriculture. La végétation du site est une mosaïque de savanes incluses, de fourrées et de forêts denses (Avenard et al., 1971). Le paysage est aussi caractérisé par de vastes exploitations agricoles de palmiers à huile et hévéas au nord de la lagune Ebrié, et de cocoteraies au sud (Figure 2).

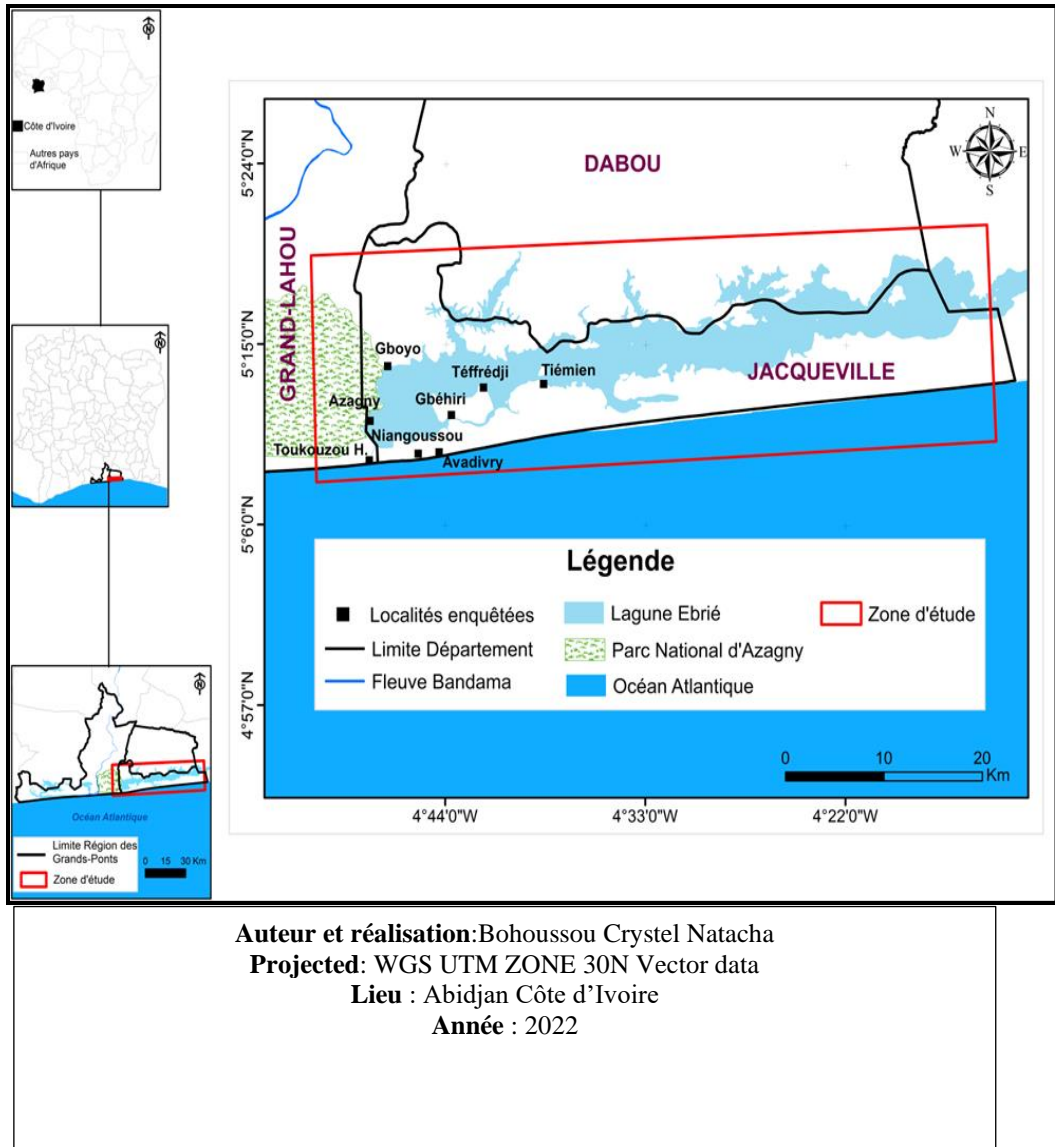


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

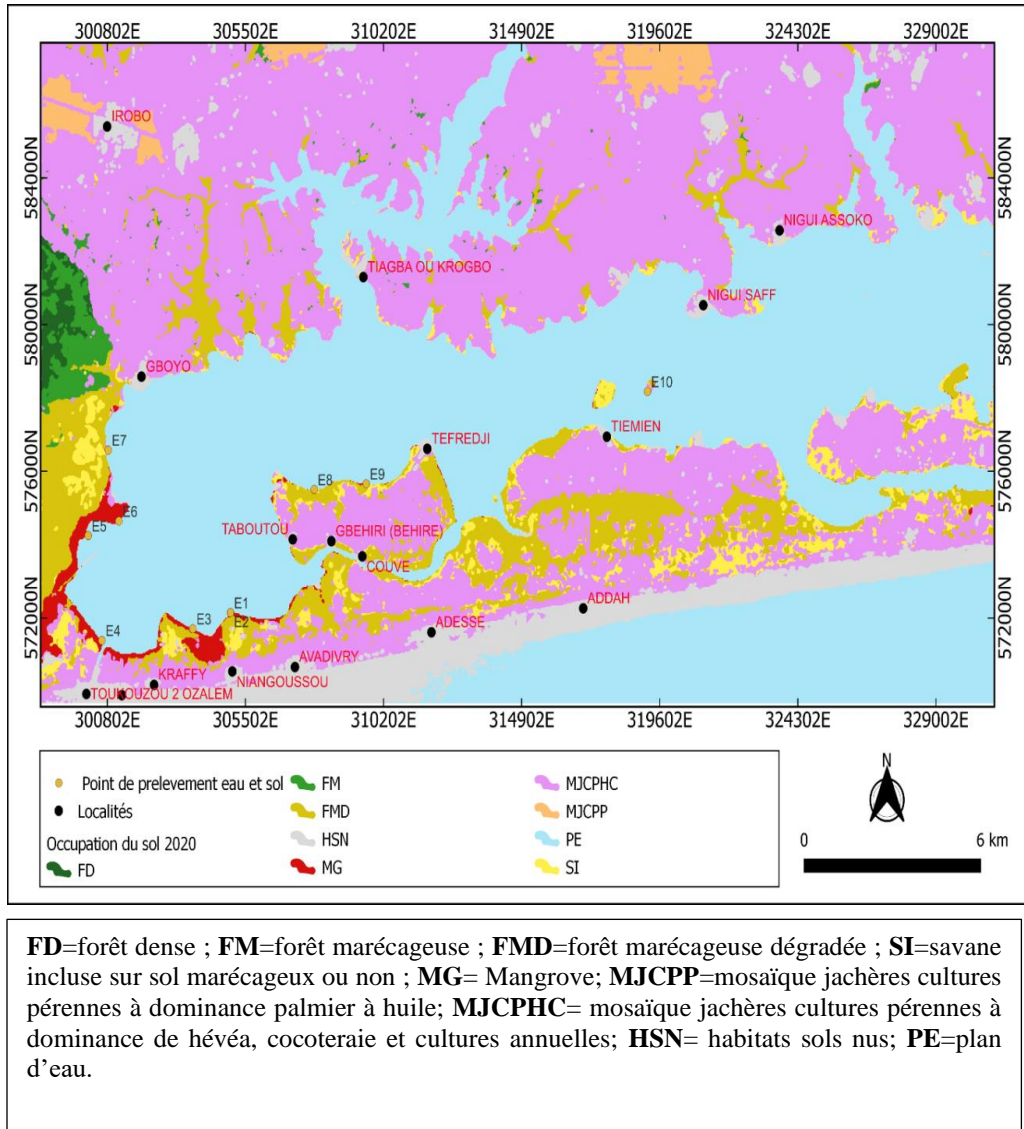


Figure 2. Carte d'occupation du sol de la zone d'étude. (Image Landsat 2020)

Matériel et méthodologie

Le matériel utilisé est constitué d'un questionnaire pour les entrevues, d'un hors-bord pour les déplacements sur la lagune Ebrié et d'un appareil photographique pour les prises de vue. Pour la méthodologie, les localités enquêtées ont été sélectionnées sur la base de l'état de conservation des

mangroves. En effet, les travaux cartographiques de Bohoussou (2017) ont mis en exergue la présence de mangrove bien conservées, dégradées et/ou représentée par des îlots âgés ou juvéniles dans la zone d'étude.

Ainsi Azagny a été retenus pour le peuplement de mangrove bien conservée (MC); Toukouzou, Avadivry, Gboyo et Niangoussou pour les mangroves dégradées (MD) ; enfin, Tiemien Teffréddji et Gbéhiri pour les mangroves présentées en îlot (IM) soit un total de 8 localités sur 13.

Ainsi, la présence de mangrove bien conservée se justifie par la particularité de ces forêts qui sont caractérisées par une forte densité des racines échasses et de leurs hauteurs considérables. Ces écosystèmes sont difficiles à accéder vers l'intérieur du peuplement. Les mangroves dégradées sont caractérisées par une faible densité du peuplement, présence de piste entre les racines échasses et bois mort. Les îlots de mangrove sont de petites touffes de mangrove âgées ou juvéniles présentes d'un endroit à l'autre.

Dans chacune des localités, la taille de la population à enquêter a été déterminée à partir d'un échantillonnage aléatoire simple sans remise (Giezendanner, 2012). Il est illustré par la formule ci-contre

$$n1 = t^2(1 - p) m2$$

avec :

n1 : taille de l'échantillon pour une population mère infinie, soit 384,16

m : marge d'erreur que l'on se donne pour la grandeur que l'on veut estimer, (5%)
p : probabilité de succès ou probabilité de réalisation positive proportion, (50%)

t = 1,96

1-p : probabilité d'échec ou probabilité de réalisation négative.

Dans la zone soumise à l'étude, la taille de la population mère est 5655 habitants (RGPH, 2014). Ce qui correspond à un échantillon de 362 personnes à enquêter au total réparti comme suit, 13 personnes à avadivry, 14 à Niangoussou, 17 gbéhiri, 52 à téffréddji, 29 Tiemien 89 à Toukouzou, 52 à Azagny et 96 à Gboyo. Ces différents nombres de personnes à enquêter ont été obtenus par le calcul de règle de trois en fonction du nombre d'habitants dans chaque localité.

L'enquête proprement dite s'est faite par questionnaire (Singly 1992), à l'aide d'une entrevue dirigée. Les entrevues comptent au nombre des exemples de méthodologie de recherche qualitative qui s'intéresse à l'étude des choses dans leurs milieux, à comprendre ou à interpréter un événement en fonction du sens que les gens lui accordent (Denzin et Norman 2002). Le questionnaire a été conçu en s'inspirant de l'état de conservation de la mangrove et les objectifs attendus de l'étude. Il aborde les différents thèmes et comporte des questions ouvertes et des questions fermées. Ces thèmes sont axés sur (1) le profil sociodémographique de la personne enquêtée, (2) les usages techniques et socioculturels de la mangrove, (3) le mode de gestion et

(4) la durabilité des activités liées à la mangrove. Les personnes cibles étaient les jeunes, vieux et pêcheurs. Le choix des jeunes et pêcheurs car la majorité s'adonne à l'activité de pêche et cette activité est beaucoup liée à la mangrove. Les vieillards ont été ciblés pour donner des informations sur l'historique et les usages de la mangrove en médecine traditionnelle.

Analyse des données

Les données recueillies sur le terrain ont été saisies à l'aide du logiciel CSPRO puis exportées dans le logiciel STATA version 14 pour les analyses descriptives et des tests statistiques. A cet effet, des analyses descriptives ont été faites sur le profil sociodémographique des enquêtés, les usages des mangroves, le mode de gestion et les actions menées pour pérenniser la ressource. Dans le but de vérifier l'hypothèse nulle d'absence de relations entre les différentes variables qualitatives collectées lors des enquêtes, le test de Khi-deux (χ^2) d'indépendance a été utilisé. Le niveau de significativité choisi pour ces analyses, est de 5% ($P = 0,05$).

Des tests statistiques ont été effectués sur 3 points pour comprendre la relation qui existe entre:

- la perception des populations sur l'évolution des peuplements de mangrove pendant les dix dernières années et l'état de la mangrove dans ces localités ;
- l'influence de la profession des enquêtés sur leur perception face à la disparition de la mangrove dans les 3 zones de mangrove ;
- l'engagement des enquêtés à la restauration de la ressource et la continuité de son activité si la mangrove venait à disparaître.

Résultats

Profil sociodémographique des enquêtés

Au total, 362 ménages ont été enquêtés dans 8 villages. Il s'agit d'une population comprenant 91% d'hommes et 9% de femmes dont l'âge varie de 15 à 60 ans et plus. Cette population se répartit en 5 classes d'âge : 15-25 ans, 25-35 ans, 35-45 ans, 45-60 ans, 60 ans et plus. La classe la plus représentée est la tranche d'âge comprise entre 25-35 ans soit un taux de 30,1%. En prenant en compte leur origine, l'on note que la population est composée de 52% d'autochtones (Avikams et Ahizis), 30% d'allochtones qui comprennent les Baoulé, Senoufos, Abbey, Apollon etc et 18% d'allogènes de nationalité diverses (Béninoise, Malienne, Ghanéenne, Burkinabé, Nigérienne et Togolaise). Cette population est majoritairement constituée de pêcheurs (49%), d'agriculteurs (20%) et de commerçants (7%).

Les tableaux 1, 2 et 3 représentent le profil sociodémographique des enquêtés en fonction des 3 zones de mangroves. Il ressort que le profil sociodémographique diffère d'une zone à l'autre. Le taux de femmes enquêtées au niveau des MC est élevé par rapport aux 2 autres zones soit 3,97%. Les

autochtones sont nombreux dans les MD (30,37%) et 8,71% est le plus fort taux d'allogènes observée au niveau des MC. La tranche d'âge la plus élevée dans les IM est celle qui varie entre 45-60ans (8,28%). Contrairement dans les MD et MC les tranches d'âge qui dominent sont respectivement situées entre 25-35ans (19,88%) et 35-45 ans (5,79%). La pêche est l'activité dominante dans toutes les zones.

Tableau 1. Sexes et origines des enquêtés en fonction des 3 zones de mangrove

Zones des mangroves	Sexes (%)		Origines(%)		
	Hommes	femmes	Autochtones	Allogènes	Allochtones
IM	25,52	1,58	21,34	3,65	2,47
MD	55,21	3,44	30,37	5,62	21,74
MC	10,26	3,97	0	8,71	5,77

Tableau 2. Ages des enquêtés en fonction des 3 zones de mangrove

Tranches d'âges	IM (%)	MD (%)	MC (%)
15-25	2,76	6,07	0,55
25-35	7,8	19,88	3,03
35-45	6,07	16,29	5,79
45-60	8,28	11,87	4,14
60 et plus	3,31	3,86	0,82

Tableau 3. Professions des enquêtés en fonction des 3 zones de mangrove

Professions	pêcheurs	Agriculteurs	commerçants	Autres professions
IM	13,17	6,85	1,54	6,49
MD	28,68	13,14	4,62	12,7
MC	7,13	0	0,84	4,8

Valeur d'usage de la mangrove

Il existe 5 types d'usages de la mangrove dans la zone d'étude. L'usage pour la fabrication du matériel est le plus représenté 8,01% selon la figure 3. Le pourcentage de ces différents usages varie d'une zone à l'autre (tableau 4).

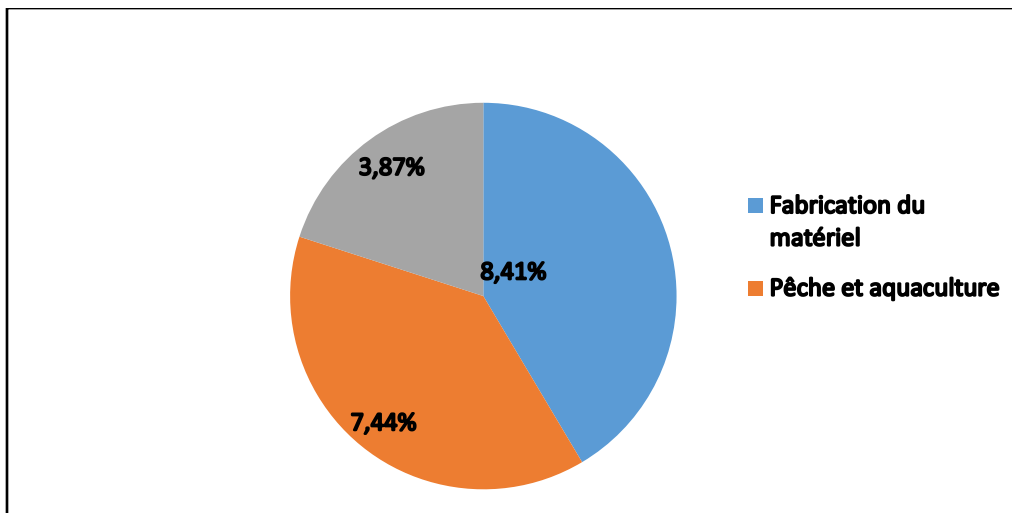


Figure 3. Diagramme des types d'usages de mangrove dans la zone

Tableau 4. Types d'usage de mangrove en fonction des 3 zones de mangrove

Types d'usages	IM (%)	MD (%)	MC (%)
pêche et aquaculture	5,11	2,33	0
médecine traditionnelle	0	2,74	1,13
Fabrication de matériel	0,38	1,77	6,45
Bois d'énergie	0	0	0

Usages pour la fabrication du matériel

L'usage de différentes parties de la plante pour la fabrication du matériel est une pratique courante pour la communauté locale (16%). En effet, la population qui pratique la pêche et l'aquaculture utilise l'écorce (6,91%), les racines (0,53%) et le bois de palétuvier pour respectivement la teinture des fils d'hameçons et filets, les navettes et les pirogues. Le bois du palétuvier sert également à la confection d'appâts, de chevrons et des tabourets (8,01%). Quant au fruit, 0,55% des personnes déclarent l'utiliser pour la décoration d'ampoule et pour l'hygiène buccale (nettoyer la langue). Cet usage est plus développé dans les MC (6,45%)

Usages pour le bois d'énergie

Le bois est aussi utilisé comme bois énergie domestique. Il sert à fumer le poisson et la fabrication de charbon de bois très prisé. De ce fait, le bois de palétuvier est fortement exploité et commercialisé.

Usage pour la pêche

Les niches écologiques de mangrove sont exploitées pour la pêche. En effet, 95% des personnes enquêtées indiquent que la mangrove constitue une

zone de frayère et de nurserie pour les poissons les crabes et crevettes. Elle est aussi utilisée comme un endroit favorable pour la pêche. Les feuilles et branches de mangrove sont utilisées pour la nourriture des poissons dans les réserves qui sont des espaces délimités par les populations où la pêche est soumise à une autorisation des autorités villageoises.

Usage pour l'aquaculture

Cette méthode de pêche traditionnelle implique l'installation d'habitat artificiel au milieu des lagunes en utilisant des branches d'arbres de mangrove en général. Ils se servent des feuilles pour nourrir les poissons pendant 6 mois ou 1 an avant de pêcher. Cette pratique est appelée "*akadja*" en Avikam. L'usage des mangroves pour la pêche et l'aquaculture est plus observé dans les localités de IM avec une valeur de 5,11%.

Usage pour la médecine traditionnelle

L'écorce, les feuilles et les racines du palétuvier sont utilisées pour le traitement de certains maux et sont administrées par voie orale ou cutanée affirment 3,87% des interviewés. En effet, l'écorce (décoction) est utilisée pour traitement des maux de tête, fatigues générales, maux de ventre. Les feuilles sont utilisées (infusion/macération) pour soigner le rhumatisme, les maux de ventre, les démangeaisons, le paludisme et la fièvre. Les racines (pilées et mélangées à de l'ail) sont mises sur le corps et la tête pour soigner la fièvre typhoïde et l'épilepsie. Les parties des mangroves sont plus utilisées dans les localités de MD pour la médecine traditionnelle (2,74%).

De façon générale, la mangrove n'est pas considérée comme un site sacré pour les populations locales.

Mode de gestion de la mangrove

Il existe 3 modes de gestion des mangroves qui sont : la gestion administrative étatique, la gestion traditionnelle, et la gestion privé.

Le mode de gestion administrative étatique se fait par les Agents de l'Office Ivoiriennes des Parcs et Réserves (OIPR). Ils interdisent l'accès des mangroves du parc aux populations riveraines. La sensibilisation faite par les ONG et Universités sur l'importance de la mangrove par des ateliers de sensibilisation viennent appuyer la gestion administrative de la mangrove. Ainsi, dans les villages Azagny et Gboyo, la coupe des mangroves situées dans le parc est interdite par les agents de l'OIPR. Cette interdiction est également imposée par les autorités villageoises.

Au niveau de la gestion traditionnelle, la mangrove est la propriété de la communauté villageoise dans tous les villages. Aussi la coupe est interdite par les chefs de village mais aucune sanction concrète n'est entreprise. Par contre, lorsque la mangrove pousse dans les champs, elle devient privé et la

gestion est assurée par le propriétaire terrien ou de la famille, comme c'est le cas à Nianguoussou. Seuls 3 sondés, dont 2 du village d'Azagny et 1 du village de Nianguoussou, déclarent avoir été interpellés par les autorités du village après avoir coupé la mangrove en 2017.

Perception de la population sur la dynamique de la mangrove dans les 3 zones

Dans le village d'Azagny (MC) 90% des populations pensent que la superficie de mangrove a augmenté ces dix dernières années. Dans les zones où la mangrove est complètement dégradée, la perception de l'augmentation de la surface varie de 36% à 100% respectivement dans les villages de Gboyo et Nianguoussou. Quant aux îlots de mangrove, 37% des populations de Gbéhiri, 100% et 73% des populations de Tiemien et Teffrérdji affirment que cette ressource a diminué ces 10 dernières années.

Le test de khi² entre l'état de la mangrove dans ces localités et la perception de ces populations sur son évolution ($\chi^2 = 109,62$; $P < 0,05$) montre qu'il existe une différence significative entre ces 2 variables. Autrement dit, la perception des enquêtés sur l'évolution de la mangrove est fonction de son état dans les 3 zones.

Influence de la profession des enquêtés sur leur perception concernant la disparition de la mangrove en fonction des 3 zones

Les pourcentages des professions varient d'une zone à l'autre (Figure 4). La majorité des agriculteurs, pêcheurs et commerçants affirment que la mangrove ne peut pas disparaître. Par contre, 40% et 36% d'agriculteurs et autres professions pensent que la mangrove peut disparaître un jour. Dans les IM 46,61% des enquêtés pensent que la mangrove peut disparaître un jour. Dans les MD 63, 92% des populations pensent que la mangrove ne peut disparaître et 18,71% pensent le contraire dans les MC (Figure 5). Il n'existe pas de différence significative ($\chi^2 = 131,83$ et $P > 0,05$). La profession des enquêtés dans les différentes zones de mangrove n'influence pas leur avis sur la disparition de la mangrove.

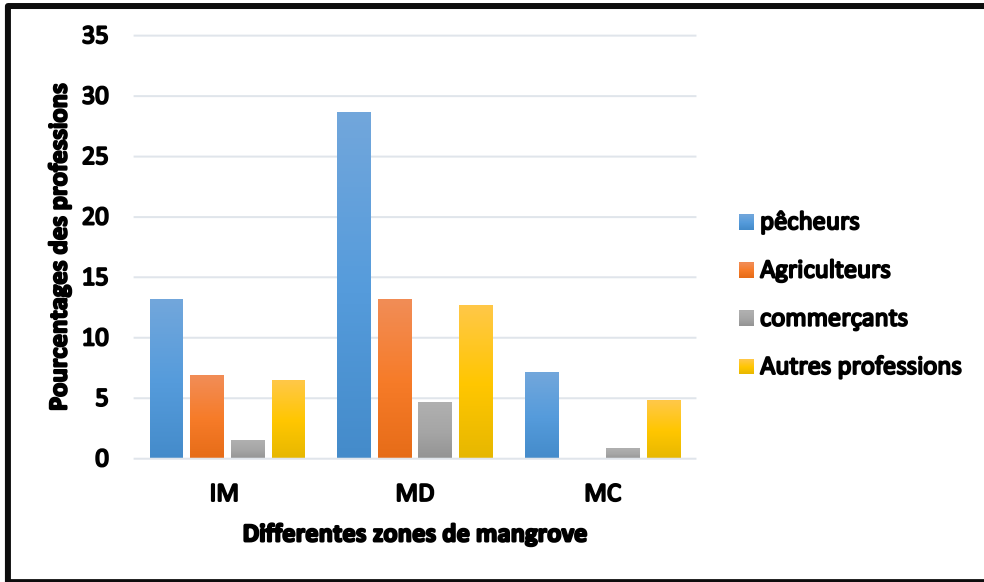


Figure 4 : Histogramme des professions des enquêtés en fonction des 3 zones de mangrove

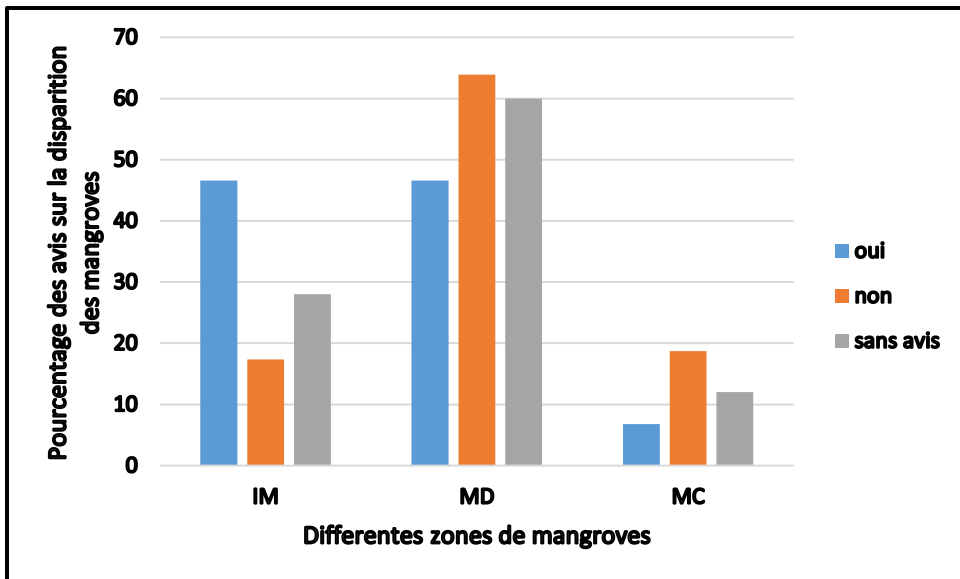


Figure 5. Histogramme de la perception des enquêtés sur la disparition de la mangrove en fonction des différentes zones de mangrove

Engagement des enquêtés à la restauration de la ressource dans les mangroves et la continuité de son activité si la mangrove venait à disparaître

A travers les Figures 6 et 7 le constat est que 40,65% de la population prend conscience de la menace de disparition de la mangrove et pensent aider à sa conservation alors que 74,11% de population dans son ensemble n'est

pas encore consciente de cette disparition donc aucune initiative n'est entreprise de leur part pour sa restauration. Le test χ^2 confirme donc que l'engagement de la population à la restauration de la mangrove est lié à leur perception sur sa disparition, il existe une différence significative entre la disparition de la mangrove et l'aide à la conservation ($\chi^2 = 24,6737$, $P < 0,05$).

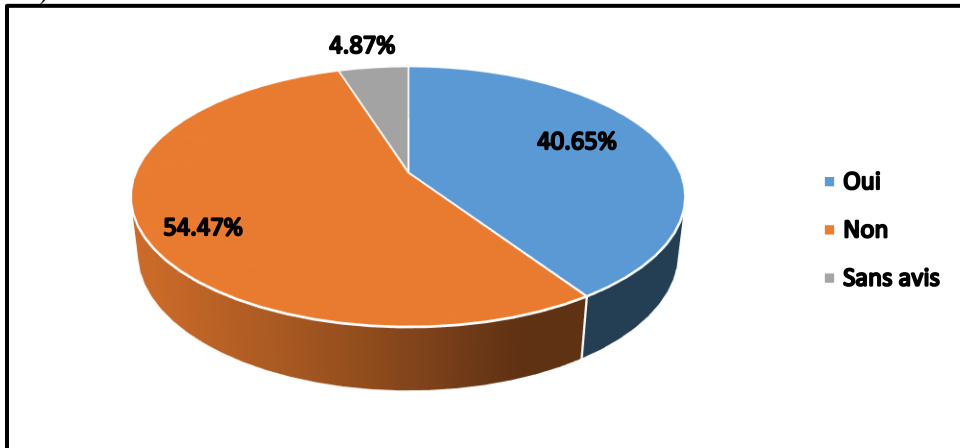


Figure 6. Diagramme des acteurs enquêtés qui pensent que la mangrove peut disparaître en fonction des avis sur sa conservation

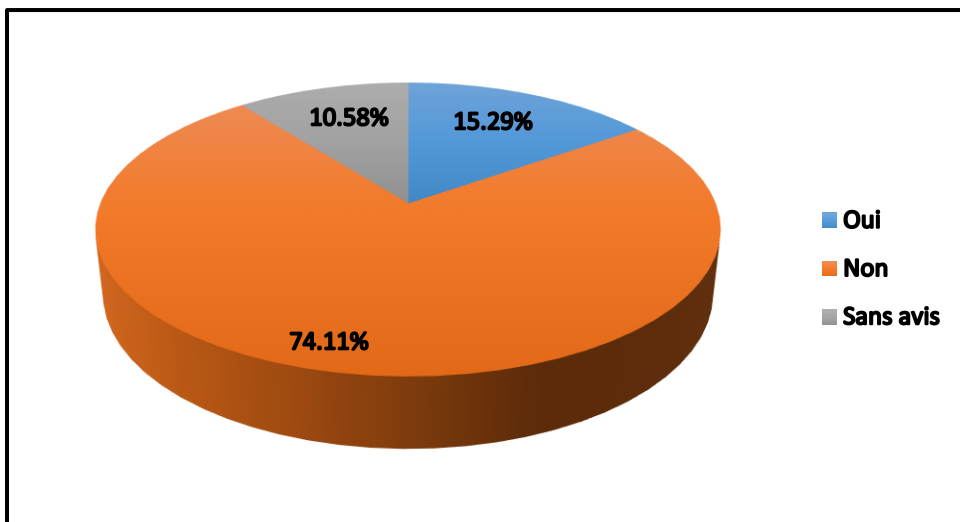


Figure 7. Diagramme des acteurs enquêtés qui pensent que la mangrove ne peut pas disparaître en fonction de leur avis sur sa conservation

La disparition de la mangrove et le manque d'engagement pour sa restauration peut avoir un impact sur la pêche. Le constat remarquable est que 82,3% des enquêtés de tous les villages pensent pouvoir continuer leurs activités de pêche malgré la disparition de la mangrove. Les Figures 8 et 9

nous montrent que l'exercice de la pêche a un impact positif sur l'engagement des populations à la restauration de la mangrove, justifié par 71,47 % qui pensent continuer à pratiquer la pêche et aider à la conservation de cette ressource. Par contre, 56 % n'ont aucun engagement vis-à-vis de la restauration de la mangrove mais confirment continuer à exercer l'activité de pêche malgré sa disparition. De ce fait, le test ($\chi^2 = 16,88$; $P < 0,05$) justifie qu'il existe une différence significative entre l'aide à la conservation de la mangrove et le fait de continuer la pêche.

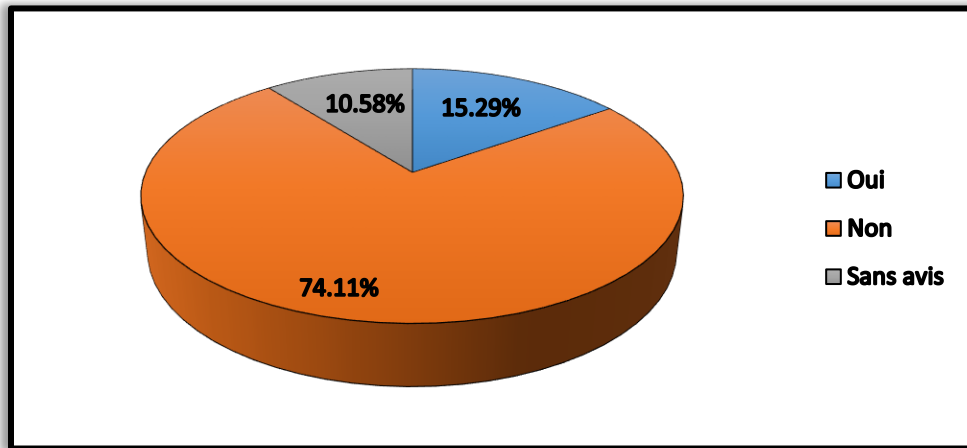


Figure 8. Diagramme des acteurs enquêtés qui pensent que la mangrove ne peut pas disparaître en fonction de leur avis de continuer la pêche

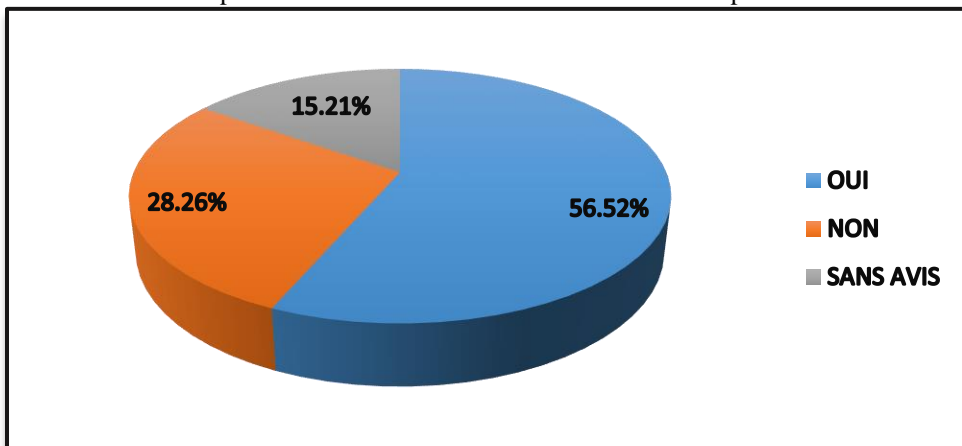


Figure 9. Diagramme acteurs enquêtés qui pensent que la mangrove ne peut pas disparaître en fonction de leur avis de continuer la pêche

Action menée pour pérenniser la mangrove

La majorité des enquêtés déclarent qu'aucune action concrète n'est définie et envisagée par les autorités villageoises et populations pour pérenniser la mangrove malgré son état de dégradation dans la zone d'étude.

Quelques enquêtés (23 personnes de ces 6 villages) ont affirmé avoir essayé de reboiser les mangroves en se servant de fruits et jeunes plantules mais sont restés sans succès. L'alternative de substitution des palétuviers par une autre espèce que celle des palétuviers semble non envisageable par 63% des enquêtés, alors que, pour 37% des pêcheurs, les espèces telles que *Bambusa vulgaris* dit katié en ahizis, *Acrostichum aureum* dit lapalo en avikam, *Tiffa* dit effi en avikam, *Machaerium lunateum*, dit mitéké en ahizis, et *Pandanus Candelabrum* pourraient remplacer valablement la mangrove puisque la plus part de ces espèces accompagnent la mangrove et sont adaptées au milieu salin des mangroves.

Discussion

La faible proportion de femmes enquêtées se justifie par le fait que lors des enquêtes ces dernières avaient honte ou peur de l'entrevue. En effet, en tant qu'utilisatrices du bois de mangrove pour fumer le poisson ou pour des usages domestiques, elles avaient peur que leur réponse allait être mise à la disposition des agents de l'OIPR. Aussi, d'autres affirmaient que ce sont les garçons qui maîtrisent mieux la mangrove à cause de leur activité de pêche.

Les jeunes de 25 à 35 ans et ceux de 35 à 45 ans sont les plus nombreux parce qu'après la déscolarisation, ils préfèrent pratiquer la pêche, activité traditionnelle principale et fructueuse dans les différents villages.

Le faible taux de personnes utilisant les ressources semble ne pas traduire la réalité sur le terrain. Le faible taux de femmes questionnées lors des enquêtes l'explique également. En effet, les principaux utilisateurs sont les femmes qui pour la plupart ont refusé de répondre aux questions. Sur le littoral Béninois, selon Baglo, (2005), les mangroves sont reconverties en zones agricoles, et le bois sert de manche de houe, pelle et hache. Elles sont également une source récréative. Le bois sert à la fabrication des tonneaux en bois utilisés pour la conservation de l'huile de palme et vin de palme. Selon Ndour (2005), les feuilles de mangrove servent de fourrage. Il existe d'autres usages de mangrove tels que la confection d'étenderies, de poteaux de construction, l'apiculture, des sculptures, et l'aménagement des rondins d'ignames (World Rainforest Movement, 2002). De plus, au niveau du Gabon les populations utilisent la mangrove pour la chasse, la collecte d'huitres au niveau des racines aériennes qui servent d'appâts pour la pêche. La cueillette et le ramassage des huîtres et crustacés est une activité très courante dans les mangroves du Gabon et pratiqué par les femmes, (Rogombe et al., 2020).

L'usage culturel de la mangrove est aussi important au Gabon. A cet effet Moukegni-Sika (2018, p. 202) rapporte quelques faits insolites. Le périophtalme est un poisson grenouille qui vie dans la vase ou les branches des mangroves. Il, est utilisé par les leaders d'opinions pour acquérir l'influence ou le charisme devant les foules. La mangrove est aussi utilisée

pour « cacher le corps (subtil) », car le sel qui caractérise son milieu présente des propriétés répulsives et la configuration des racines en fait un refuge spirituel inaccessible. Dans le cadre de la médecine traditionnelle, les feuilles, racines et écorces servent à soigner les maux de gorge, de dents, la fatigue, etc. L'écorce prélevée et bouillie sert au lavement du malade atteint de constipation, ou à la femme ayant mal au bas-ventre. La mixture des bouts des racines de « *Atanda* ou *Itanda* » en langue locale (*Rhizophora*) qui n'ont pas encore touché le sol permettrait de soigner l'impuissance sexuelle. Les mêmes bouts braisés au feu de bois sont utilisés comme calmant des maux de ventre. Un bain de siège des écorces bouillies de bois de mangroves sert à soigner les hémorroïdes. De même, C. Moukegni-Sika (2018, p. 202) révèle que les feuilles de la mangrove *Avicennia* imbibées d'huile d'amande sont utilisées pour soigner la gale et les plaies. En Indes néerlandaises, les ouvriers des champs de tabac passent leur main dans la solution aqueuse d'écorce de mangrove car elle rend inactif le virus de la mosaïque du tabac.

L'usage de la mangrove pour l'apiculture, l'ostréiculture, l'aménagement des rondins d'ignames n'est connu dans les différentes localités suite aux différentes réponses d'enquêtes. Sur le plan médicinal, les populations sont ignorantes que certaines parties de cette ressource soignent des maladies telles que l'hémorroïde, les maux de gorge, la constipation et l'impuissance sexuelle. Concernant le volet socio-culturel, les populations des différents villages ne connaissent pas les atouts mystiques de la mangrove comme c'est le cas au Gabon. Au plan touristique, les populations n'ont pas cette idée de créer des plages de mangrove, ou des espaces récréatifs pour valoriser les mangroves et créer des activités économiques.

Le fait que la mangrove n'est la propriété de personne est un handicap pour sa gestion au niveau traditionnel. Un autre constat est qu'il existe certes des associations de pêcheurs dans chaque localité, mais ces associations ne posent pas des actions concrètes dans le but de préserver la mangrove. Cette situation justifie la rapide disparition de la mangrove en zone rurale. Les mangroves dans le site RAMSAR sont sous haute surveillance par les agents de l'OIPR. De ce fait, la coupe des palétuviers dans les localités plus proches du PNA (Azagny et Gboyoy) est interdite. Nos résultats corroborent avec ceux de Ndour (2005) qui affirment que les mangroves du Saloum au Sénégal sont mieux conservées dans le parc qu'ailleurs dans la zone.

Les mangroves du village Azagny ont évolué selon les populations car, elles sont sous haute surveillance par les agents de l'OIPR. Quant aux villages Nianguoussou, Toukouzou et Avadivry les populations pensent que la mangrove a augmenté car, certes elle est dégradée en général dans ces localités, mais il existe quelques endroits vers Nianguoussou, dans lesquelles elles sont mieux conservées. De même, cela serait dû aux sensibilisations

faites sur les mangroves ces dernières années dans la sous-préfecture de Toukouzou.

Dans les ilots de mangrove, les causes de sa diminution sont la coupe abusive des tiges et racines, pour l'*akadja*. Cette diminution pourrait être due également à l'utilisation des produits chimiques pour la pêche qui détruit les racines échasses et provoque la mort de la mangrove selon un enquêté. Dans le village de Tiemien, les palétuviers se trouvent sur des sols parfois très sableux ; les racines ont alors du mal à s'infiltrer dans le sol et les arbres sont terrassés par les vents violents. Cela s'expliquerait aussi par l'espèce *rhizophora* qui possède des racines qui sont en très grande partie aériennes. Ces racines, quel que soit le type de sol, ne s'infiltreront pas bien. Lorsque ces arbres poussent sur du sable ou sont envahis par le sable, ils subissent un stress supplémentaire par rapport à ceux qui poussent sur sol vaseux, généreux en sédiments et matière organique ce qui pourrait expliquer le terrassement de ces mangroves à Tiemien.

Certains enquêtés confirment aussi le fait que la mangrove n'est pas accompagnée par d'autres espèces, ce qui la rend fragile. De même il faut souligner que les mangroves ont tendance à être monospécifique sur de grandes surfaces. Il n'existe que très peu d'espèces sur la côte ouest africaine. Chaque espèce se développe dans des conditions particulières du milieu. La mixité est surtout visible dans les jeunes mangroves mais, on observe souvent une transition des espèces vers une espèce majoritaire lorsqu'elle vieillit.

La majorité des pêcheurs et commerçants affirment que la mangrove ne peut pas disparaître car, ils la caractérisent de plante aquatique qui existera tant que l'eau existe. Certains la caractérisent de plante de génie qui marche, raison pour laquelle elle augmente chaque année. Pour ceux qui sont engagés pour la conservation de la mangrove elle se fera, selon eux, par la sensibilisation, la surveillance, l'adoption de mesures réglementaires au niveau communautaire, la mise en place d'un système d'alerte pour répertorier les exploitants illicites, l'interdiction de la coupe, le reboisement et le désherbage en cas de reboisement. Les populations pensent continuer la pêche, car elle est pour eux une tradition et une source de revenus. Pour les acteurs enquêtés qui pensent pêcher malgré la disparition de la mangrove, ils justifient cette pensée par le fait que, la mangrove n'est pas la seule ressource qui détient les poissons, et il existe d'autres espèces au bord de l'eau qui gardent les poissons par conséquent ils continueront la pêche. Il existe également des cailloux en profondeur de l'eau qui gardent les poissons tels que les mâchoirons. Selon les pêcheurs, les espèces qui peuvent remplacer les palétuviers sont celles qui accompagnent les mangroves donc se trouvent en bordure d'eau et font partie de l'écosystème mangrove. Aucune action de reboisement ou de régénération assistée pour les mangroves n'est entreprise par les populations, autorités villageoises et administratives. L'association des

pêcheurs dans chaque localité n'a aucun plan d'action qui réponde au besoin des générations actuelles et futures.

De plus, malgré ce lien entre conserver la mangrove et continuer l'activité liée à cette ressource, très peu de personnes sont conscientes que son absence serait un danger pour la pêche. La notion d'usage de mangrove est peu connue dans la zone par rapport aux pays qui pratique l'apiculture (l'élevage d'abeilles), la crevetticulture et l'ostréculture fait que les populations ne s'intéressent pas trop à cette ressource hors mis les pêcheurs. Le fait de ne pas pratiquer la riziculture, et les cultures maraichères est aussi un avantage pour le peu de mangrove qui reste. La durabilité de mangrove dans la zone est quasi inexistante, contrairement où il existe des techniques qui favorisent la durabilité des mangroves. Comme exemple, au Sénégal, dans la localité de Saloum, la gestion durable des mangroves est assurée par plusieurs activités de reboisement dans les villages qui sont réalisées par la commission de l'environnement avec la collaboration de la Direction des Eaux et Forêts et ONG. Comme exemple, au Sénégal, dans la localité de Saloum, la gestion durable des mangroves est assurée par plusieurs activités de reboisement dans les villages qui sont réalisées par la commission de l'environnement avec la collaboration de la Direction des Eaux et Forêts et ONG. Chaque année, dans ces communautés, une somme de 100 à 300 mille F CFA est donné pour prendre en charge des plants, le transport et le reboisement. De même, au Gabon, cette gestion se fait par la restauration des mangroves et la réduction des utilisations de mangrove, la gestion des huîtres et l'augmentation de la valeur ajoutée des mollusques transformés, gestion de l'écotourisme, apiculture et les zones de pêche (Rogombe et al, 2020).

A Madagascar, selon Rasoanaivo (2016), la zone de mangrove a obtenu le statut de Parc National dans le cadre du Système des Aires Protégées de Madagascar pour mieux la conserver. Par la suite, elle a été sujette à un transfert de gestion des ressources naturelles afin de mieux responsabiliser la population locale utilisatrice de cette ressource dans les activités de conservation. Quelques recommandations ont été avancées afin de gérer durablement l'écosystème mangrove. En outre, le renforcement de capacité des techniques et moyens de conservation mis en place se fait à travers l'éducation environnementale et l'amélioration du contrôle et de la surveillance par les comités locaux du parc. Ensuite, l'exploitation durable des produits des mangroves se manifeste par la valorisation des écosystèmes comme les tannes, la promotion de l'écotourisme, l'application des soins sylvicoles et l'intensification des reboisements. L'auteur précise que les riverains ne présentent pas beaucoup de volonté et d'enthousiasme à cause du manque de connaissance sur l'importance des mangroves. Et, par ailleurs, ils sont accrochés aux valeurs traditionnelles. Le reboisement n'est réalisé que par les écoliers, ainsi la surface reboisée annuelle reste limitée.

Pour les Camerounais, la durabilité de la mangrove s'agit tout d'abord de la prise de conscience des populations locales et acteurs périphériques. L'avenir des mangroves du Cameroun dépend en grande partie de leur capacité à transformer la filière bois énergie en s'intéressant à l'origine des ressources qu'ils doivent consommer et à l'impact de leur prélèvement sur les écosystèmes naturels. A cet effet, plusieurs initiatives ont été entreprises dans le but de gérer de façon durable les écosystèmes de mangrove. Il s'agit des projets de formation des animateurs ruraux sur l'élaboration d'un plan d'aménagement de mangrove dans la partie côtière du pays. Ensuite, le projet baptisé «Gestion participative de la diversité biologique des écosystèmes de mangroves au Cameroun», a enseigné à un groupe de pêcheurs immigrants Nigériens sur les dangers de la coupe indiscriminée des mangroves et l'utilisation d'un type de fourneau pour le fumage du poisson. Plus économe en combustible, ce dernier qui leur permet de transformer davantage de poisson tout en consommant moins de bois. La FAO travaille également en étroite collaboration avec les communautés locales et les ONG, comme la camerounaise «Wild life Conservation Society», afin de promouvoir l'utilisation durable des mangroves (Envirep, 2012).

Conclusion

Cette étude a démontré que la mangrove est utilisée par toutes les couches sociales professionnelles et toutes les tranches d'âges dans les différentes localités. L'usage le plus courant fait de la mangrove est la pêche et l'aquaculture, alors qu'elle est très peu utilisée pour la médecine traditionnelle. Les usages tels que l'apiculture, l'ostréiculture, le tourisme grâce aux espaces récréatifs des mangroves et le volet socio-culturel ne sont pas connus dans les différents villages.

L'interdiction de la coupe de la mangrove par les autorités villageoises sans moyens de coercition est la seule forme de gestion observée dans les localités et dans le sciage du parc. Il n'existe pas de méthode au niveau local qui favoriserait la durabilité des mangroves pour les générations futures compte tenu de cette forme de gestion précaire. La durabilité de toutes activités liées à la mangrove peut être également menacée.

Pour remédier à ce risque de catastrophe écologique, il serait donc intéressant de faire des essais de reboisement de la mangrove dans ces différentes localités et promouvoir des politiques de gestion durable au niveau local et national pour les mangroves de la Côte d'Ivoire.

Remerciements

Nos remerciements vont à l'endroit des Docteurs KOUADIO Kouassi et TRA Bi Boli Francis respectivement (Enseignant chercheur et chercheur à

l'Université Felix Houphouët Boigny) pour leur aide à l'élaboration du questionnaire.

Nous tenons à remercier les sous-préfectures de Toukouzou, Jacqueville, et Attoutou pour l'autorisation d'enquêtes dans les huit localités sans oublier les populations locales de ces dites localités d'avoir accepté de répondre aux questions.

References:

1. Alexandris, N., Chatenoux, B., Torres, LL & Peduzzi, P. (2013). Monitoring mangrove restoration from space, UNEP/GRID-Geneva.
2. Andrieu, J (2018). Land cover changes on the West-African coastline from the Saloum Delta (Senegal) to Rio Geba (Guinea-Bissau) between 1979 and 2015. *European Journal of Remote Sensing*, 51 (1). <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1432295>.
3. Armah, AK., Diame, A., Gordon, A & Kairo, J. (2010). Protection des mangroves: Le rôle du Réseau africain des mangroves, *Nature & Faune*, vol. 24, Numéro 1.
4. Avenard, JM., Eldin, M., Girard, G., Sircoulon, J., Touchebeuf, P., Guillaumet, JL., Adjanohoun, E. & Perraud, A. (1971). Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM, n°50, Paris, France, 392p.
5. Baglo, AM (2005). Enjeux économiques des stratégies de gestion durable des zones humides: cas de la zone située sur le cordon Togbin-Degoue sur le littoral Béninois. Article *eujournals*. Laboratoire d'écologie appliquée, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-clavé, Cotonou (Benin).
6. Bohoussou, CN (2017). Cartographie et caractérisation des écosystèmes de mangrove à partir des Images Spot 6 dans la zone Sud-Est du Parc National d'Azagny. Mémoire de Master, Université Felix Houphouët Boigny Cocody. Côte d'Ivoire.
7. Bryan-Brown, DN., Connolly RM., Richards DR. (2020). Global trends in mangrove forest fragmentation. *Scientific Reports*, 10: 7117. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63880-1>.
8. Denzin, & Norman. (2002). Lincoln éditeurs. *Handbook of qualitative research*. 2nd ed. Thousand Oaks (Calif.): Sage Publications.
9. Egnankou, WM. (1985). Etude des mangroves de Côte d'Ivoire: Aspect écologique et recherches sur les possibilités de leur aménagement. Thèse de Doctorat de 3^è Cycle, Université Paul - Sabatier Toulouse III, N° 3196: 176p.
10. Envirep, (2012). Rapport provisoire révisé 2. *Environment and Resource Protection* 353P.

11. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (2007). *The World's Mangroves 1980–2005*. Rome, Italy, FAO, 75 p.
12. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (2020). *The State of the World's Forests 2020. Forests, biodiversity and people*. Rome, Italy, FAO, 214 p. <http://www.fao.org/3/ca8642en/ca8642en.pdf>.
13. Friess, DA., Yando, ES., Abuchahla GMO. (2020). Mangroves give cause for conservation optimism, for now. *Current Biology*, 30 (4): R153-R154. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.12.054>.
14. Giezendanner, FD. (2012). Taille d'un échantillon aléatoire et Marge d'erreur. <http://icp.ge.ch/sem/cms-spip/spip.php?article1641>.
15. Maoulana-Abbas, S. (2009). *Diagnostic géobotanique et impacts anthropiques sur le paysage de la mangrove dans la baie de Toliara*, Thèse de doctorat en Géographie, Université de Tuléar, Madagascar, 75 p.
16. Moukegni-sika, C. (2018). *Nouvelles sociologie et économie de l'environnement au Gabon. Enjeux et incidences sociaux*, Université Omar Bongo, Thèse de Doctorat, Sociologie, 302 p.
17. Ndour, N. (2005). *Caractérisation et étude de la dynamique des peuplements de mangrove du Delta du Saloum* Faculté des Sciences et techniques, Thèse de troisième cycle, Université Cheikh Anta Diop.
18. Rasoanaivo, MA. (2016). *étude des potentialités de la mangrove de maromandia en vue d'un schéma d'aménagement : Cas des parcelles d'Anjiajia* P 75.
19. RGPH, (2014). *Données sociodémographiques et économiques de la Côte d'Ivoire*. Source Institut national de la Statistique Côte d'Ivoire. <http://www.ins.ci/n/templates/docss/RGPH2014D.pdf>.
20. Rogombe, LG., Mbadanga, M., Okanga-Guay, M., Ondo, AE & Mombo, JB. (2020). Entre ville et villages: les usages des mangroves à Libreville et ses environs. *Revue Gabonaise d'Etudes Stratégiques et de Sécurité Maritime (ReGESMa)*, Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Portuaires (LARESPO) de l'Institut de Recherche en Sciences Humaines (IRSH), CENAREST (Gabon), n°3, Novembre, pp 19-64.
21. Singly, F. (1992). *L'enquête et ses méthodes: le questionnaire*.
22. Spalding., Mark, D. & Leal, M. (2021). *The State of the World's Mangroves (L'état des mangroves dans le monde)* éditeurs. Global Mangrove Alliance P41.
23. UNEP-WCMC Annual Report, (2007). *Mangroves of Western and Central Africa*. UNEP-Regional Seas Programme/UNEP-WCMC. http://www.unep-wcmc.org/publications/UNEP_WCMC_bio_series/26.

24. World Rainforest Movement. Mouvement Mondial pour les Forêts Tropicales, (2002). Mangroves livelihoods vs corporate profits International Secretariat Maldonado 1858, Montevideo, Uruguay web site [Internet]. [cited 2006 Oct 2] <http://www.wrm.org.uy>. (<http://www.wrm.org.uy>.) [Google Scholar].



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Contribution à la Connaissance de la Diversité Ichtyologique et Mode D'exploitation de Poissons Schilbeidae (Siluriformes) dans le Pool Malebo (Fleuve Congo), R.D Congo

Willy Lusasi Swana, BSc

Santos Kavumbu Mutanda, BSc

Clément Munganga Kilingwa, BSc

Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture,
Département de Biologie, Faculté des Sciences,
Université de Kinshasa (UNIKIN),
Kinshasa XI, R.D Congo

Isa Manikisa, BSc

Faculté des Sciences Agronomiques,
Université de Kikwit (UNIKIK), Kikwit, Kwilu, R.D Congo

Mbomba N'Seu Bekeli, PhD

Victor Pwema Kiamfu, PhD

Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture,
Département de Biologie, Faculté des Sciences,
Université de Kinshasa (UNIKIN), Kinshasa XI, R.D Congo

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p178](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p178)

Submitted: 01 April 2021
Accepted: 16 June 2021
Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Lusasi S.W., Kavumbu M.S., Munganga K.C., Manikisa I., Mbomba B.N. & Pwema K.V. (2022). *Contribution à la Connaissance de la Diversité Ichtyologique et Mode D'exploitation de Poissons Schilbeidae (Siluriformes) dans le Pool Malebo (Fleuve Congo), R.D Congo*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 178.
<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p178>

Résumé

Cette étude a pour objectif de contribuer à la connaissance de la diversité ichtyologique ainsi que le mode d'exploitation des poissons Schilbeidae (Siluriformes) pêchés dans le Pool Malebo (fleuve Congo) en R.D Congo. La récolte de poissons s'est faite mensuellement entre Février et Septembre 2019 dans quatre stations de pêche à l'aide des filets maillants (50 à 100 m de long et 2,5 m de hauteur et de 8 à 50 mm de mailles), des épuisettes (0,5 à 2 mm de mailles) ainsi que des palangres de 50 m de long portant des

hameçons de n° 7, 10, 11 et 13. Des échanges ont été engagés avec les pêcheurs œuvrant dans les stations retenues en vue de déceler le mode d'exploitation de poissons Schilbeidae. Les résultats obtenus montrent qu'il y a une diversité de poissons de cette famille. Huit espèces (*Schilbe mystus* Linné, 1758 ; *S. intermedius* Rüppell, 1832 ; *S. zairensis* De Vos, 1995 ; *S. congoensis* Leach, 1818 ; *S. marmoratus* Pellegrin, 1926 ; *Parailia congica* Boulenger, 1900 ; *P. occidentalis* Pellegrin, 1901 et *Pareutropius mandevillei* Poll, 1900) regroupées en trois genres (*Schilbe*, *Parailia* et *Pareutropius*) ont été identifiées dans le Pool Malebo. Les poissons des genres *Schilbe* (62 %) et *Parailia* (25 %) sont les plus abondants. Au niveau des espèces, *Schilbe mystus* (261 spécimens), *S. intermedius* (107 spécimens) et *S. zairensis* (26 individus) sont les plus représentatifs. En terme de richesse spécifique, les stations de Kinkole (8 espèces et $H' = 1,42$) et Kinsuka (7 espèces et $H' = 1,205$) sont les plus diversifiées. En termes d'abondance, les mois de Juillet, Juin, Mai et Août sont les plus propices à la pêche des poissons *Schilbe mystus*, *S. intermedius*, *S. zairensis* et *Parailia occidentalis*. Les enquêtes réalisées ont montré que ces poissons sont exploités régulièrement et, présentent une grande valeur économique. Toutes les tailles de poissons sont retenues lors de la pêche pratiquée avec des engins non sélectifs, ce qui présage une exploitation irrationnelle de poissons Schilbeidae dans le Pool Malebo.

Mots-clés: Faune ichtyologique, Schilbeidae, Richesse spécifique, Mode d'exploitation, Pool Malebo, R.D Congo

Contribution to the Knowledge of the Ichthyological Diversity and Exploitation Mode of Schilbeidae Fishes (Siluriformes) in the Malebo Pool (Congo River), R.D Congo

Willy Lusasi Swana, BSc

Santos Kavumbu Mutanda, BSc

Clément Munganga Kilingwa, BSc

Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture,

Département de Biologie, Faculté des Sciences,

Université de Kinshasa (UNIKIN),

Kinshasa XI, R.D Congo

Isa Manikisa, BSc

Faculté des Sciences Agronomiques,

Université de Kikwit (UNIKIK), Kikwit, Kwilu, R.D Congo

Mbomba N'Seu Bekeli, PhD

Victor Pwema Kiamfu, PhD

Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture,

Département de Biologie, Faculté des Sciences,

Université de Kinshasa (UNIKIN), Kinshasa XI, R.D Congo

Abstract

This study aims to contribute to the knowledge of the ichthyological diversity as well as the exploitation mode of Schilbeidae fishes (Siluriformes) fished in the Malebo Pool (Congo River) in D.R. Congo. The harvesting of fish was done monthly between February and September 2019 in four fishing stations using gillnets (50 to 100 m long and 2.5 m high and 8 to 50 mm mesh), dip nets (0.5 to 2 mm mesh) as well as longlines of 50 m long with hooks of n° 7, 10, 11 and 13. Discussions were held with the fishermen working in the selected stations in order to identify the mode of exploitation of Schilbeidae fish. The results obtained show that there is a diversity of fish in this family. Eight species (*Schilbe mystus* Linné, 1758; *S. intermedius* Rüppell, 1832; *S. zairensis* De Vos, 1995; *S. congoensis* Leach, 1818; *S. marmoratus* Pellegrin, 1926; *Parailia congica* Boulenger, 1900; *P. occidentalis* Pellegrin, 1901 and *Pareutropius mandevillei* Poll, 1900) grouped in three genera (*Schilbe*, *Parailia* and *Pareutropius*) have been identified in the Malebo Pool. Fish of the genera *Schilbe* (62 %) and *Parailia* (25 %) are the most abundant. At the species level, *Schilbe mystus* (261 specimens), *S. intermedius* (107 specimens) and *S. zairensis* (26 individuals) are the most representative. In terms of species richness, the stations of Kinkole (8 species and $H' = 1.42$) and Kinsuka (7 species and $H' = 1.205$) are the most diverse. In terms of abundance, the

months of July, June, May and August are the most favorable for the fishing of *Schilbe mystus*, *S. intermedius*, *S. zairensis* and *Parailia occidentalis*. The surveys carried out have shown that these fish are exploited regularly and have a high economic value. All sizes of fish are retained when fishing with non-selective gears, which indicates an irrational exploitation of Schilbeidae fish in the Malebo Pool.

Keywords: Ichthyological fauna, Schilbeidae, Species richness, Exploitation mode, Malebo Pool, R.D Congo

1. Introduction

Les poissons constituent un groupe d'animaux de grand intérêt pour l'étude fondamentale de la dynamique des populations et qui fournit des explications sur les variations temporelles de l'abondance de ces populations (Sisa & al., 2018). La régression démographique de l'ichtyofaune est devenue une réalité dans les milieux aquatiques de toutes les régions du monde (FAO, 2009). Les causes en sont multiples, mais la plupart d'entre elles sont d'origine anthropique. Selon Diomandé & al. (2009), la qualité écologique d'un hydrosystème est étroitement liée au mode d'occupation du bassin versant ainsi qu'au mode d'exploitation de ses ressources. La pollution de l'eau, les multiples formes de dégradation de l'habitat physique et la surexploitation due à la pêche sont autant des facteurs qui menacent gravement la biodiversité de la faune ichtyenne (Sisa & al., 2018).

Le bassin du Congo est doté d'un réseau hydrographique immense et d'une remarquable variété d'habitats qui hébergent une diversité ichtyologique importante, marquée par de nombreuses formes endémiques (Snoeks & al., 2011 ; Pwema, 2014). Cette richesse ichtyologique est considérée comme un don précieux de la nature à la population locale à cause du rôle alimentaire et économique de certaines espèces (Mbadu, 2011). Depuis les premières récoltes de Delhez (Boulenger, 1899) jusqu'en 1987, plusieurs espèces de poissons ont été inventoriées dans le Pool Malebo (fleuve Congo). Les familles les mieux représentées dans cette partie du fleuve tant en nombre d'espèces qu'en abondance des individus sont celles des Mormyridae, Cyprinidae, Mochokidae et Cichlidae (Snoeks & al., 2011). Plusieurs études sur la taxonomie (Boulenger, 1899-1911 ; Burgis & Symoens, 1987 ; Poll, 1957, 1971), la systématique et même l'écologie (Mbadu, 2011 ; Pwema, 2014 ; Tembeni, 2017) des poissons ont été entreprises dans le Pool Malebo.

Les ressources halieutiques du bassin du Congo présentent une tendance de surexploitation vu le grand nombre de pêcheurs artisanaux, les pratiques de pêche illégales avec des filets à mailles trop petites, l'absence de repos biologique, etc. Cette surexploitation s'est fortement amplifiée suite à la mise en œuvre du Plan National de Lutte contre le Paludisme (PNLP) qui a

occasionné une dérive d'utilisation des filets moustiquaires, distribués dans les centres de santé. En effet, les pêcheurs qui reçoivent ces moustiquaires en font des sennes de plage. Cette pêche illégale s'est effectivement généralisée depuis 2009 dans les rivières du bassin du Congo avec l'avènement de la distribution de ces Moustiquaires Imprégnés à Longue Durée d'Action (MILDA) (Micha, 2019) dans toutes les provinces de la RD Congo dont celle de Kinshasa. Dès lors, une analyse sur les pratiques et mode d'exploitation de poissons dans les plans d'eaux du pays en général et ceux de Kinshasa en particulier s'impose.

L'ichtyofaune est une ressource biologique renouvelable. Sa gestion dans une optique d'exploitation halieutique rationnelle et de conservation nécessite une connaissance précise de son état et des facteurs naturels et anthropiques qui en déterminent ou en modifient les caractéristiques qualitatives et quantitatives (Sisa & al., 2018). Le manque d'information sur la richesse de poissons Schilbeidae dans le Pool Malebo constitue l'un des problèmes majeurs dans la compréhension de leur distribution, leur statut de conservation, l'exploitation rationnelle et la protection des zones de refuge. Les poissons Schilbeidae constituent l'une des familles des poissons-chats Africains les plus exploitées dans le Pool Malebo (fleuve Congo). Ces poissons peuvent atteindre plus de 350 mm de longueur standard (Lévêque & al., 1992) et présentent une large distribution en Afrique (De Vos, 1995). Ils font l'objet de beaucoup des captures commerciales dans plusieurs cours d'eaux de la République Démocratique du Congo en général et plus particulièrement aux différentes stations de pêche du Pool Malebo dans le fleuve Congo. Les informations sur les poissons Schilbeidae du Pool Malebo sont très rares et presque inexistantes. Pourtant, ces poissons sont très appréciés dans l'alimentation par la population kinoise riveraine du Pool Malebo que dans l'aquariophilie. Ils sont pêchés d'une manière non réglementée, ce qui est susceptible d'entraîner leur régression. L'objectif de cette étude est de contribuer à la connaissance de la diversité ichthyologique ainsi que le mode d'exploitation des poissons Schilbeidae (Siluriformes) pêchés dans le Pool Malebo (fleuve Congo) en R.D Congo.

2. Milieu d'étude, Matériel et Méthodes

2.1. Milieu

Cette étude a eu lieu d'amont en aval du Pool Malebo dans le fleuve Congo (Figure 1) plus précisément dans les stations de pêche de Maluku (04° 2' 63'' S, 015° 33' 41,6'' E et 253 mètres d'altitude) dans la commune de Maluku, Kinkole (04° 18' 06,5'' S, 015° 30' 24,8'' E et 271 mètres d'altitude) dans la commune de Kinkole, Kingabwa (04° 19' 41'' S, 015° 22' 41'' E et 277 mètres d'altitude) dans la commune de Limete et Kinsuka (04° 19' 449'' S, 015° 14' 476'' E et 255 mètres d'altitude) dans la commune de Ngaliema à

Kinshasa en République Démocratique du Congo. A Kinsuka, la collecte des données a été faite à l'hôpital de La Rive. Ce choix a été guidé par la présence d'un nombre élevé de pêcheurs sur ce site par rapport à celui de l'Ile Ledia.

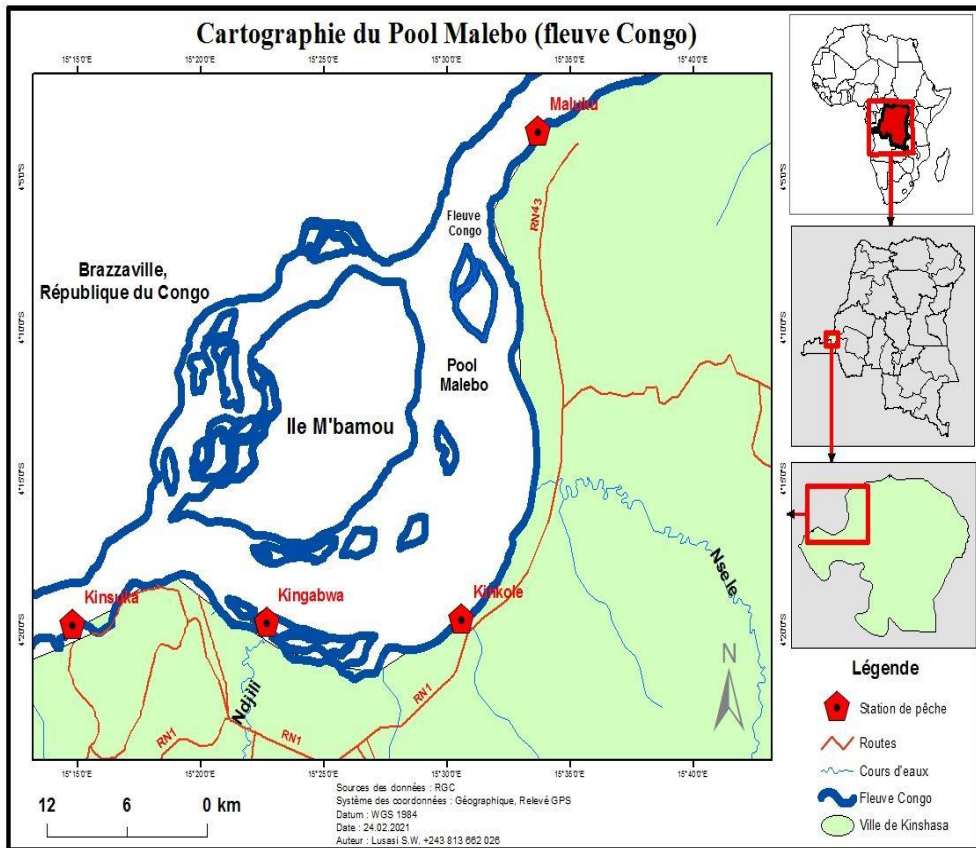


Figure 1. Cartographie du Pool Malebo (fleuve Congo) incluant les stations de pêche

Le Pool Malebo (anciennement appelé Stanley Pool, parfois Malebo Pool ou lac Ngobila), est un lac formé sur le fleuve Congo moyen (Burgis & Symoens, 1987). Il est long d'environ 35 km sur 25 km de large, avec près de 500 km² de superficie. Les capitales des deux Congo, Congo-Kinshasa et Congo-Brazzaville sont situées de part et d'autre du Pool. Il baigne dans un climat tropical humide de type AW₄ suivant la classification de Köppen. Deux grandes saisons caractérisent le climat de cette région dont quatre mois secs (Mai, Juin, Juillet et Août) et huit mois pluvieux (Septembre à Avril) avec une petite saison sèche qui s'intercale entre Janvier et Février (Pwema & al., 2019).

D'après les données des températures de l'air et des précipitations mensuelles obtenues à la station météorologique de Binza à Kinshasa couvrant la période de 2009 à 2019 (soit 10 ans), la température moyenne annuelle de la ville de Kinshasa est de 24,64±0,18 °C avec une moyenne mensuelle

maximale de $25,7 \pm 0,32$ °C observée respectivement durant les mois de Février et Avril et une moyenne minimale de $22,4 \pm 0,22$ °C relevée durant le mois de Juillet. La pluviosité moyenne annuelle pour la même période est de $133,11 \pm 16,9$ mm dont la moyenne maximale mensuelle est relevée en Décembre ($235,41 \pm 48,61$ mm) et la minimale ($0,59 \pm 0,94$ mm) pendant le mois de Juin. L'humidité relative couvrant la même période est comprise entre $75,4 \pm 1,22$ % (Septembre) et $85,01 \pm 1,41$ % (Décembre).

Le régime hydrographique du fleuve Congo est du type de « fleuve équatorial » c'est-à-dire avec un débit soutenu toute l'année, avec des périodes de crues : Avril-Mai et Novembre-Décembre. Le débit moyen du fleuve Congo au Pool Malebo (Kinshasa) est de $42.000 \text{ m}^3/\text{s}$. On observe une courte décrue en Février-Mars et une longue décrue de Juillet à Octobre, la cote maximale est atteinte en Décembre (4,20 m), une cote minimale est atteinte en Mars (1,25 m) et en Août (1,04 m). Les profondeurs sont faibles et dépassent rarement 10 m (Mbadu, 2011 ; Pwema, 2014). Le Pool Malebo bénéficie des apports de plusieurs cours d'eau dont les plus importants sont les rivières N'djili et N'sele. Ces deux rivières prennent naissance dans la province du Kongo Central et coulent dans le sens Sud-Nord pour se jeter dans le fleuve Congo (Lusasi & al., 2020).

Les parties les plus basses des rives et les îles du Pool Malebo inondées pendant la période de crues sont colonisées par des végétations aquatiques, marécageuses, herbeuses et semi-aquatiques. Cette végétation se stratifie, au fur et à mesure qu'on s'éloigne des eaux libres, en ceintures végétales. On trouve des groupements aquatiques flottants constitués de *Pistia stratiotes*, *Salvinia nymphellula* L., *S. auriculata* Ferv., *Eichornia crassipes* (Mort) Slms. Dans les prairies aquatiques situées le long des berges, on trouve, *Echinochloa stagnina* B., *E. pyramidalis* (Lam) Hitch & Chase, *E. stragnina* Retz, Beauv., *Oryza barthii* A. et *Ipomoea aquatica* Forssk., Les rives marécageuses sont souvent occupées par des vastes roseliers à *Phragmites mauritanicus* Cav. et à *Cyperus papyrus*. Dans les anses calmes se développent *Nymphaea lotus* L., *N. maculata* L., *Cyperus sp.*, *Ipomea aquatica* Forssk., *Neptunia prostrata* Lour., *Mimosa pigra* L., *Oryza barthii* A. & C (Pwema, 2014 ; Mukendi & al., 2021).

2.2. Méthodologie

2.2.1. Echantillonnage biologique et conservation des spécimens

Le matériel biologique est constitué de spécimens des différentes espèces de poissons Schilbeidae pêchés pendant huit mois (Février - Septembre 2019) à Maluku, Kinkole, Kingabwa et Kinsuka dans le Pool Malebo (fleuve Congo). Pour la pêche expérimentale, une combinaison d'engins de pêche composé des filets maillants de 50 à 100 m de long et 2,5 m de hauteur de chute et de 8 à 50 mm de côté de mailles et d'épuisettes de 0,5 à 2 mm de mailles ainsi que des palangres de 50 m de long portant des

hameçons de n° 7, 10, 11 et 13. Les filets maillants dormants ont été utilisés de jours comme de nuits. Les spécimens complémentaires ont été obtenus par achats auprès des pêcheurs et mareyeuses trouvés sur les sites.

Après la pêche, les poissons ont été triés puis fixés dans une solution de formol à 10% pendant 72 heures avant d'être conservés dans l'éthanol à 95% en vue de leur identification ultérieure. La date et le lieu de capture sont mentionnés sur une étiquette qui est par la suite collé sur le bocal où sont conservés les poissons.

2.2.2. Identification systématique de poissons

Au laboratoire, les poissons ont été traités séparément suivant les sites d'échantillonnage. L'analyse des paramètres morphométriques et méristiques autour de chaque spécimen de poisson Schilbeidae a été faite selon Kamdem & Teugels (1998) ; Lévêque & al. (1990) à l'aide d'un pied à coulisse électronique et une loupe binoculaire.

L'identification systématique de poissons s'est basée sur les caractères morphologiques externes. Elle a eu lieu au Laboratoire de Limnologie, Hydrobiologie et Aquaculture du Département de Biologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa. Les clés d'identification proposées par Lévêque *et al.* (1990, 1992) ; Poll et Gosse (1995) ; Mbega & Teugels (2003) ; Stianssny & al. (2007) ont été utilisées.

2.2.3. Mode d'exploitation de poissons Schilbeidae

Des enquêtes ciblant les pêcheurs qui œuvrent à travers les différentes stations de pêche dans le Pool Malebo ont été effectuées durant la période d'échantillonnage en vue d'apprécier le mode d'exploitation de poissons Schilbeidae dans cette partie du fleuve. Les entretiens avec les pêcheurs se sont basés sur des questions reprises sur une fiche d'enquête préétablie. Les questions majeures de l'enquête ont porté sur le profil socio-démographique des pêcheurs (le sexe, le statut matrimonial, le niveau d'instruction et l'ancienneté dans la pêche), la fréquence de capture de poissons Schilbeidae, les espèces de la famille de Schilbeidae les plus capturées, les types d'engins utilisés pour la capture, les zones de pêche ciblées, la taille de poissons ciblée ainsi que la valeur économique de ces poissons lors de la vente auprès des mareyeuses et auprès de la population locale.

2.2.4. Analyse statistique et traitement des données

Les données issues de différentes manipulations ont été encodées sur le tableur Excel 2013. Les résultats obtenus ont été présentés sous formes de tableaux et graphiques. Les graphiques ont été générés grâce aux logiciels Origin 6.1 et Past 2.16 et, la cartographie des stations de pêche a été réalisée

avec le logiciel ArcGIS 10.8. Les indices de diversité et écologiques suivants ont été évalués :

- **Richesse spécifique (S)** : La richesse spécifique, ou diversité alpha, est une mesure de la biodiversité de tout ou partie d'un écosystème (Boucher, 1997) ; elle désigne le nombre d'espèces présentes dans un milieu donné ainsi que des variations spatiales des secteurs faunistiquement riches et des secteurs plus pauvres. Elle a été utilisée pour mettre en évidence les différences entre richesses spécifiques des captures de différents espèces (Marcon & Morneau, 2014) ;

- **Abondance relative (N) (%)** : $N = \frac{n}{Nt} \times 100 = \frac{n}{Nt} \times 100$ dont, n égale au nombre d'individus d'un groupe taxinomique (espèce, genre, famille ou ordre) et Nt est le nombre total d'individus échantillonnés ;

- **Indice de Shannon (H')** : L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominances. Il est représenté par la formule suivante : $H' = -\sum ((Ni/N) \times \log_2 (ni/N))$. i est le nombre total d'espèces présentes et varie de 1 à i, ni exprime l'effectif du taxon i ; N est l'effectif total de l'échantillon et H' est l'indice de diversité de Shannon et Weaver. La valeur de H' se situe entre 0,5 (très faible diversité) et 4,5 (dans le cas d'échantillons de grande taille de communautés complexes) (Munganga & al., 2020) ;

- **Indice d'Équitabilité de Pielou (J')** : cet indice permet de mesurer l'équilibre ou la régularité ou encore l'équipartition des espèces du peuplement par rapport à une répartition théorique égale pour l'ensemble des espèces. Il est exprimé par la formule mathématique : $J' = H'/H_{max}$ où, J' varie entre 0 (une seule espèce domine) et 1 (toutes les espèces ont la même abondance) (Paugy, 1994) ;

- **Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)** : la CAH permet d'agrèger progressivement les individus selon leur ressemblance, mesurée à l'aide d'un indice de similarité ou de dissimilitude. Cette méthode est destinée à produire des groupements décrits par un certain nombre de variables ou caractères (Kouamélan, 1999). Elle procède en fait à la construction des classes (paquets) par agglomération successive des objets deux à deux qui, fournissent une hiérarchie de partition des objets (Mondo & al., 2020). Dans le cadre de cette étude, le CAH a été utilisé pour analyser le rapprochement des stations de pêche en rapport avec les espèces de poissons capturées.

3. Résultats

3.1.1. Diversité des poissons de la famille Schilbeidae dans le Pool Malebo

La liste faunistique des espèces de poissons Schilbeidae inventoriées dans les stations de pêche du Pool Malebo (fleuve Congo) est consignée au tableau 1.

Tableau 1. Espèces de poissons Schilbeidae inventoriées aux stations de pêche du Pool Malebo (fleuve Congo)

Genre	Espèce	Noms vernaculaire (Lingala)
<i>Schilbe</i>	<i>Schilbe mystus</i> Linné, 1758 <i>S. intermedius</i> Rüppell, 1832 <i>S. zairensis</i> De Vos, 1995 <i>S. congoensis</i> Leach, 1818 <i>S. marmoratus</i> Pellegrin, 1926	Lilangwa
<i>Parailia</i>	<i>Parailia congica</i> Boulenger, 1900 <i>P. occidentalis</i> Pellegrin, 1901	Epeke
<i>Pareutropius</i>	<i>Pareutropius mandevillei</i> Poll, 1900	Dilangwa
3	8	

Trois (3) genres (*Schilbe*, *Parailia* et *Pareutropius*) comprenant huit (8) espèces (*Schilbe mystus* Linné, 1758 ; *S. intermedius* Rüppell, 1832 ; *S. zairensis* De Vos, 1995 ; *S. congoensis* Leach, 1818 ; *S. marmoratus* Pellegrin, 1926 ; *Parailia congica* Boulenger, 1900 ; *P. occidentalis* Pellegrin, 1901 et *Pareutropius mandevillei* Poll, 1900) de poissons Schilbeidae sont inventoriés dans les stations de pêche du Pool Malebo au cours de cette étude.

3.1.2. Abondance relative des genres de poissons identifiés

Les espèces de poissons des genres *Schilbe* (62%) et *Parailia* (25%) sont plus abondantes que celles du genre *Pareutropius* (13%) (Figure 2).

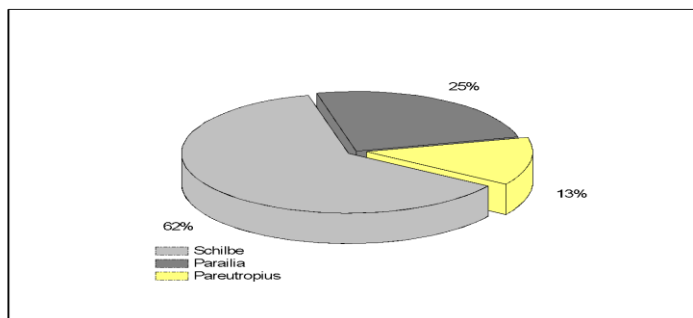


Figure 2. Abondance relative des genres de poissons Schilbeidae identifiés dans le Pool Malebo (fleuve Congo)

3.1.3. Abondance numérique des espèces Schilbeidae

Quatre cent soixante-huit (468) individus de poissons Schilbeidae capturés ont été regroupés en huit (8) espèces. Parmi elles, *Schilbe mystus* (261 spécimens) et *S. intermedius* (107 spécimens) présentent un plus grand nombre d'individus. Ils sont suivis de *Schilbe zairensis* (26 spécimens), *Parailia congica* (25 spécimens), *Parailia occidentalis* (18 spécimens) et *S. congoensis* (avec 15 spécimens). *Pareutropius mandevillei* présente moins d'individus (7 spécimens) (Figure 3).

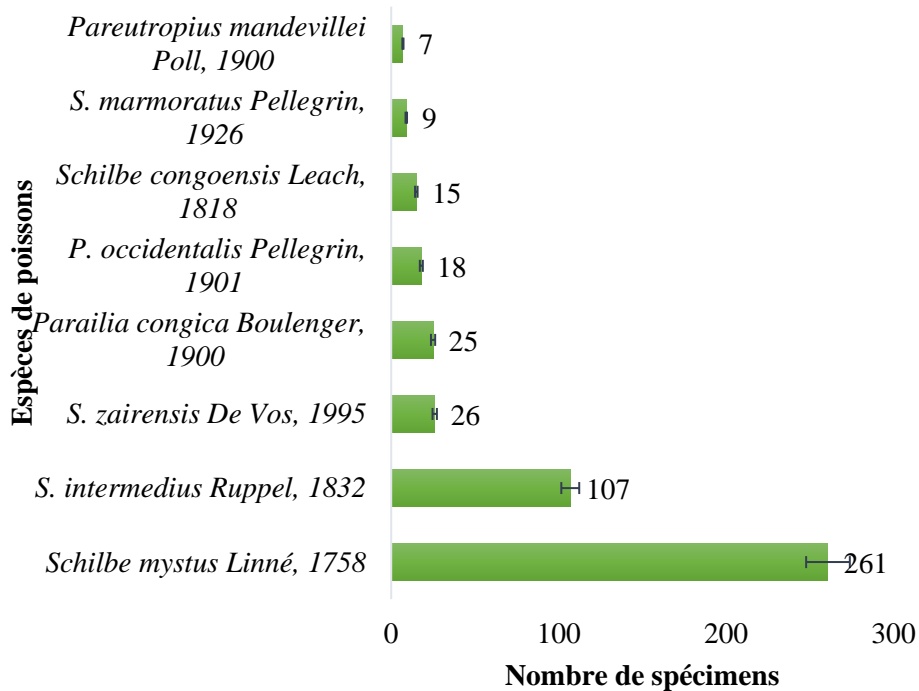


Figure 3. Abondance numérique des espèces de poissons Schilbeidae inventoriés dans le Pool Malebo (fleuve Congo)

3.1.4. Distribution spatio-temporelle des espèces de poissons Schilbeidae dans le Pool Malebo

3.1.4.1. Distribution spatiale des espèces de poissons

La variation spatiale des espèces de poissons Schilbeidae recensés dans le Pool Malebo (fleuve Congo) est reprise au tableau 2.

Tableau 2 . Distribution spatiale de poissons Schilbeidae dans le Pool Malebo (fleuve Congo) (MLK = Maluku, KKL = Kinkole, KGB = Kingabwa et KSK = Kinsuka)

Espèces	Station de pêche				Total
	MLK	KKL	KGB	KSK	
<i>Schilbe mystus</i>	24	119	16	102	261
<i>S. intermedius</i>	5	56	0	46	107
<i>S. zairensis</i>	0	9	3	14	26
<i>S. congoensis</i>	0	9	1	5	15
<i>S. marmoratus</i>	2	6	0	1	9
<i>Parailia congica</i>	2	14	1	8	25
<i>P. occidentalis</i>	1	9	5	3	18
<i>Pareutropius mandevillei</i>	2	5	0	0	7
Total	36	227	26	179	468

Au total de 468 spécimens de poissons Schilbeidae ont été capturé dans quatre stations choisies dans le Pool Malebo dont 227 individus à Kinkole et 179 à Kinsuka. Sur les huit espèces de poissons Schilbeidae inventoriées, trois espèces ont été rencontrées à toutes les stations. Il s'agit de *Schilbe mystus*, *Parailia congica* et *P. occidentalis*. Les autres espèces sont recensées dans deux ou trois stations seulement.

3.1.4.2. Distribution temporelle des espèces de poissons

Sur la figure 4 ci-dessous, la fréquence d'apparition des espèces de poissons dans les stations de pêche du Pool Malebo (fleuve Congo) diffère d'une saison à l'autre. En ce qui concerne la fréquence de capture des espèces recensées, *Schilbe mystus* et *Parailia occidentalis* sont pêchés en grande quantité pendant la saison sèche (entre les mois de Mai jusqu'au mois d'Août). *S. intermedius* est beaucoup capturé vers la fin de la petite saison sèche (Mars-Avril) mais aussi à la fin de la grande saison sèche (pendant les mois d'Août et Septembre). *S. zairensis*, *S. congoensis* et *Parailia congica* sont souvent prélevé en grande quantité vers la fin de la saison de pluies (mois d'Avril) et pendant la saison sèche (entre les mois de Juin et Juillet).

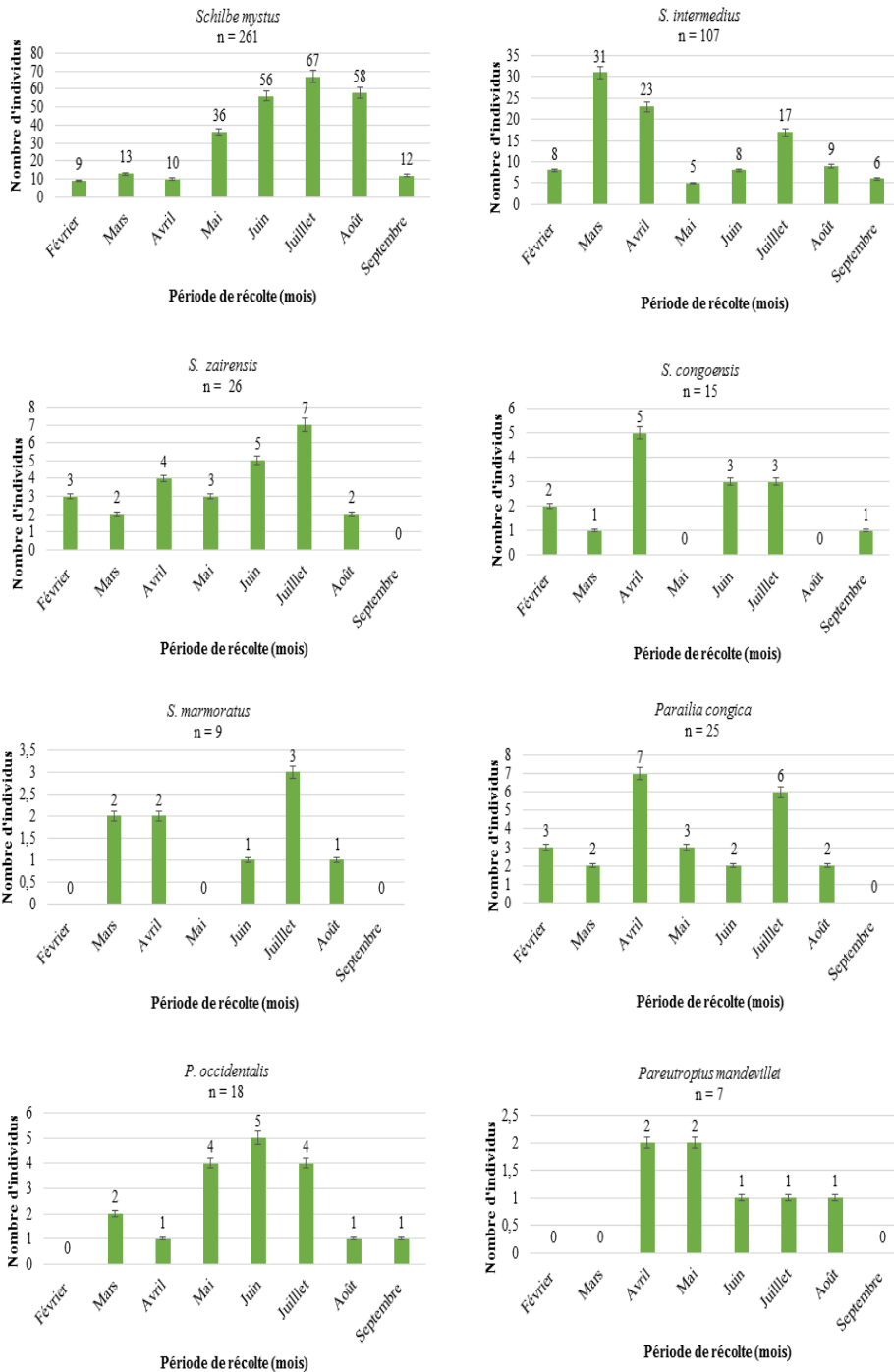


Figure 4. Distribution temporelle des poissons Schilbeidae en fonction de station de pêche dans le Pool Malebo (fleuve Congo)

3.1.5. Indice de diversité

Le tableau 3 montre la variation des indices de diversité évalués en fonction de la faune ichthyologique de la famille des Schilbeidae à chacune des stations de pêche du Pool Malebo dans le fleuve Congo.

Tableau 3. Indice de diversité écologique de poissons Schilbeidae dans le Pool Malebo (fleuve Congo) (MLK = Maluku, KKL = Kinkole, KGB = Kingabwa et KSK = Kinsuka)

Indices de diversité	Station de pêche			
	MLK	KKL	KGB	KSK
Richesse taxonomique (S)	6	8	5	7
Shannon et Weaver (H')	1,126	1,42	1,116	1,205
Equitabilité de Piélou (J')	0,6283	0,6827	0,6932	0,6194

Du point de vue richesse spécifique, les résultats consignés dans le tableau 3 indiquent que les stations de pêche de Kinkole avec 8 espèces et Kinsuka avec 7 espèces sont les plus riches. L'indice de diversité de Shannon et Weaver le plus élevé est observé à la station de Kinkole ($H' = 1,42$) et le plus faible à la station de Kingabwa ($H' = 1,116$). Les valeurs d'indice d'Equitabilité de Piélou montrent qu'il existe un équilibre de répartition des espèces de poissons Schilbeidae recensées à travers les stations de pêche du Pool Malebo dans le fleuve Congo. Les valeurs de cet indice varient entre 0,61 à Kinsuka et 0,69 à Kingabwa.

3.1.6. Regroupement des stations d'étude en fonction de leur richesse spécifique

Deux groupes des stations très significativement différents ($r = 0,97$) sont mis en évidence par le dendrogramme résultant de la Classification Ascendante Hiérarchique des stations de pêche du Pool Malebo dans le fleuve Congo sur base de la richesse spécifique de poissons Schilbeidae (Figure 5). Les stations de Kingabwa et Maluku sont proches l'une de l'autre en terme de la richesse spécifique (7 espèces leurs sont communes) et forment le premier groupe à une distance euclidienne de 11 par rapport à l'origine. Les stations de Kinkole et Kinsuka présentent une grande similitude et forment le deuxième groupe à une distance euclidienne de 24 par rapport à l'origine.

Distance Euclidienne

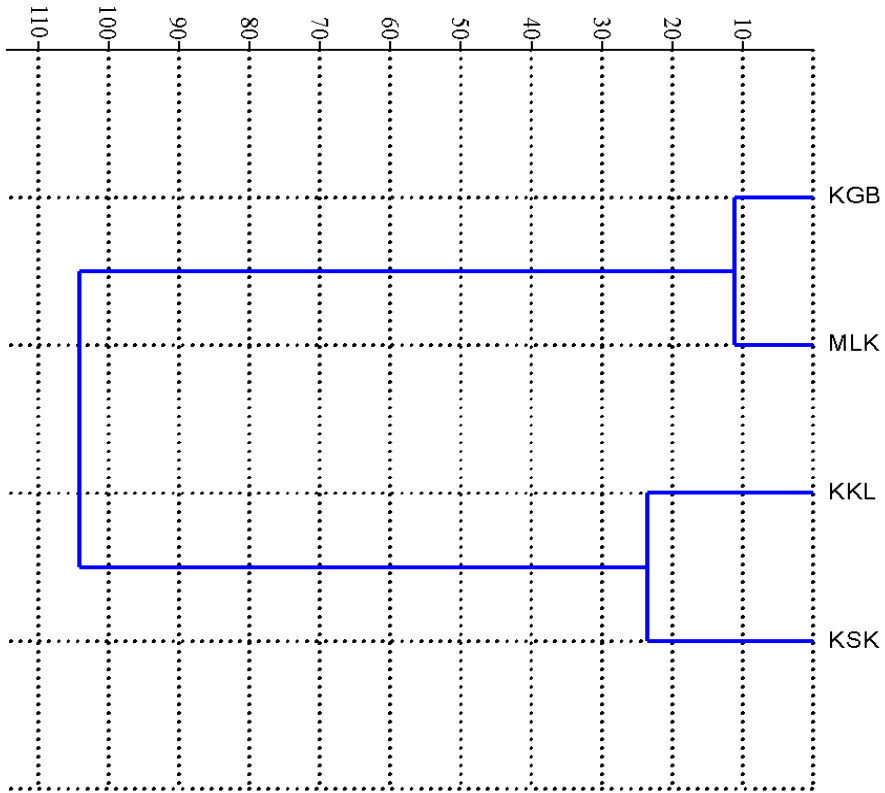


Figure 5. Regroupement des stations de pêche du Pool Malebo (fleuve Congo) sur base de la richesse ichthyologique de la famille des Schilbeidae (KGB = Kingabwa, MLK = Maluku, KKL = Kinkole et KSK = Kinsuka)

3. 1. Mode d'exploitation de poissons Schilbeidae dans le Pool Malebo

3.1.7. Profil socio-démographique des pêcheurs

3.1.7.1. Genre

Le tableau 4 présente la répartition selon le sexe des pêcheurs œuvrant dans les stations de pêche de Maluku, Kinkole, Kingabwa et Kinsuka interrogés dans le cadre de cette étude.

Tableau 4. Genre des pêcheurs enquêtés dans le Pool Malebo (fleuve Congo) (MLK = Maluku, KKL = Kinkole, KGB = Kingabwa et KSK = Kinsuka)

Sexe	Station de pêche				Fréquence absolue (%)
	ML K	KK L	KB G	KS K	
Masculin	25	25	25	25	100
Féminin	0	0	0	0	0
Total	25	25	25	25	100

Il ressort de ces résultats que tous les cent (100) pêcheurs recensés et interrogés aux différentes stations de pêche du Pool Malebo dans le fleuve Congo sont de sexe masculin étant donné que les femmes n'interviennent pas dans la capture mais jouent un rôle important dans la commercialisation et la transformation de poissons.

3.1.7.2. Statut matrimonial

Le statut matrimonial des pêcheurs enquêtés dans le Pool Malebo dans le fleuve Congo est repris au tableau 5.

Tableau 5. Statut matrimonial des pêcheurs du Pool Malebo dans le Pool Malebo (MLK = Maluku, KKL = Kinkole, KGB = Kingabwa et KSK = Kinsuka)

Statut matrimonial	Station de pêche				Fréquence absolue (%)
	MLK	KKL	KGB	KSK	
Marié	21	19	18	22	80
Divorcé	0	0	1	0	1
Veuf	0	1	0	0	1
Célibataire	4	5	6	3	18
Total	25	25	25	25	100

La majorité des pêcheurs soit 80% sont des mariés et vivent en union avec une femme. Quant aux autres, 18% sont de célibataires. Une faible proportion 1% d'entre eux est en séparation avec leurs épouses tandis que 1% de pêcheurs ont perdus leurs épouses.

3.1.7.3. Niveau d'instruction

Le niveau d'instruction des pêcheurs enquêtés dans les stations de pêche du Pool Malebo dans le fleuve Congo est repris au tableau 6.

Tableau 6. Niveau d'instruction des pêcheurs enquêtés dans le Pool Malebo (fleuve Congo) (MLK = Maluku, KKL = Kinkole, KGB = Kingabwa et KSK = Kinsuka)

Niveau d'instruction	Station de pêche				Fréquence absolue (%)
	ML K	KK L	KG B	KS K	
Sans instruction	3	0	1	0	4
Primaire	5	6	9	7	27
Secondaire	16	17	14	18	65
Supérieur ou Universitaire	1	2	1	0	4
Total	25	25	25	25	100

L'analyse des résultats renseigne que dans le Pool Malebo, seuls 4% de pêcheurs n'ont pas de niveau d'instruction. En revanche 96 % ont des niveaux d'instruction répartis comme suit : les pêcheurs qui ont un niveau

d'étude secondaire (65%) sont majoritaires. Ils sont suivis par ceux qui ont un niveau d'étude primaire (27%), universitaires et sans instruction (4% respectivement).

3.1.7.4. Ancienneté dans l'activité de la pêche

La majorité des pêcheurs interrogés aux stations de pêche de la zone d'étude pratiquent la pêche depuis plusieurs années. Ceux qui ont totalisé entre 16 et 20 ans dans la pêche sont les plus nombreux (41%) suivis de pêcheurs ayant une ancienneté comprise entre 11 et 15 ans (18%), 21 et 25 ans (14%) et enfin 6 et 10 ans (12%). Les moins représentés sont ceux de la tranche de 26 à 30 ans (avec 4%), 1 à 5 ans (5%) et 31 ans et plus (6%) (Figure 6).

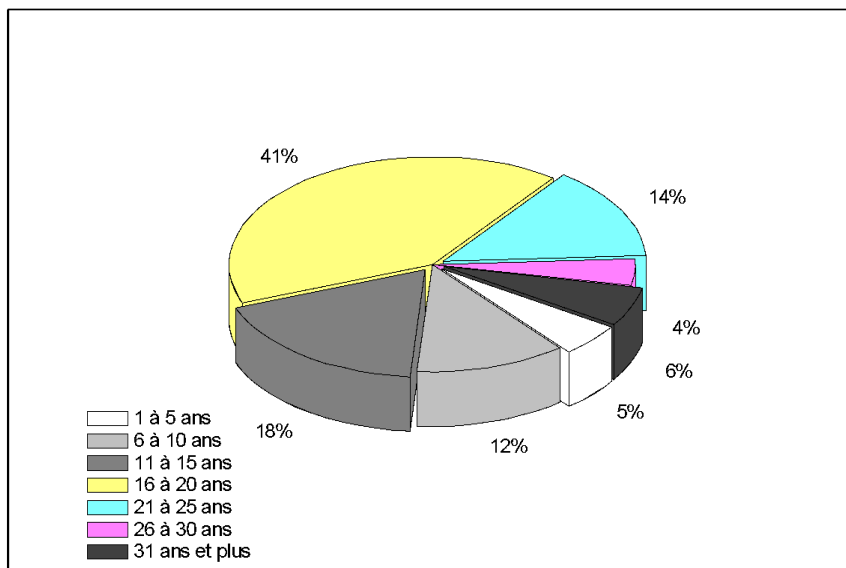


Figure 6. Ancienneté des pêcheurs du Pool Malebo dans le fleuve Congo

3.1.8. Exploitation de poissons Schilbeidae

3.1.8.1. Fréquence de capture de poissons

Dans le Pool Malebo (fleuve Congo), les poissons Schilbeidae sont capturés à des fréquences différentes ; la majorité de pêcheurs interrogés confirment qu'ils les capturent régulièrement (62,3%) tandis que d'autres les prélèvent rarement et difficilement (18,4%), difficilement (15,8%) et d'autres encore ne les prélèvent presque pas (3,51%) (Figure 7).

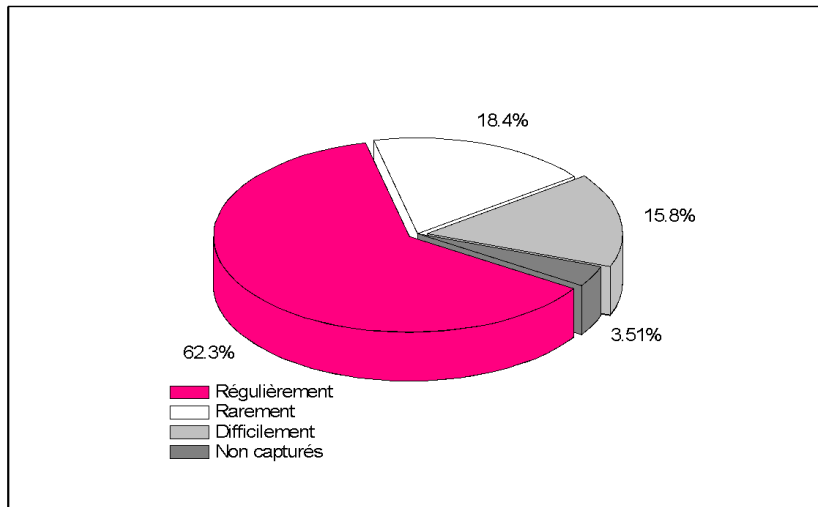


Figure 7. Fréquence de capture de poissons Schilbeidae dans le Pool Malebo (fleuve Congo)

3.1.8.2. Espèces de poissons Schilbeidae les plus capturées

De toutes les huit espèces de poissons Schilbeidae pêchées dans le Pool Malebo, *Schilbe mystus* soit 68,5% et *S. intermedius* soit 25% sont les plus prélevées. *Parailia congica* avec 6,84 % est le moins capturé (Figure 8).

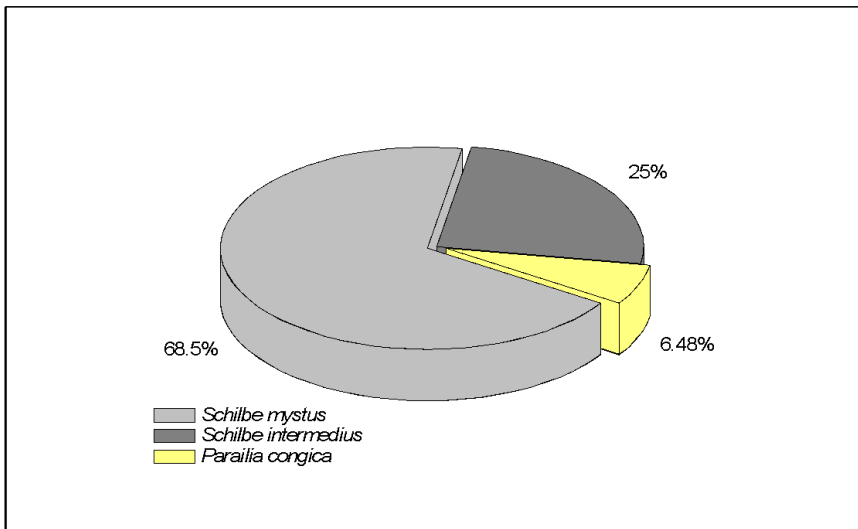


Figure 8. Espèces de poissons Schilbeidae les plus prélevées dans le Pool Malebo (fleuve Congo)

3.1.8.3. Types d'engins de pêche utilisés

Les filets maillants (33%), les toiles moustiquaires (27%), les hameçons (18,3%) et les épuisettes (15,7%) sont les engins de pêche les plus utilisés lors de capture de poissons Schilbeidae du Pool Malebo dans le fleuve Congo (Figure 9).

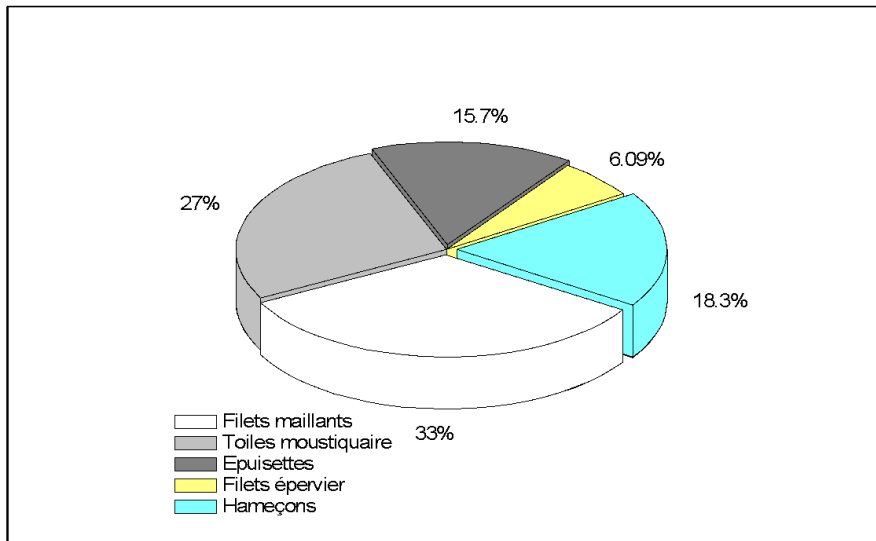


Figure 9 . Engins de pêche utilisés pour capturer les poissons Schilbeidae dans le Pool Malebo (fleuve Congo)

3.1.8.4. Zones de pêche de poissons

La pêche de poissons Schilbeidae se pratique dans tous les habitats disponibles dans le Pool Malebo. La majorité de pêcheurs prélèvent les poissons en pleine eau (24,3%), sous la végétation (19,8%), le long des rives du fleuve (bords) (14,4%) et même vers les zones de frayère (10,8%) (Figure 10).

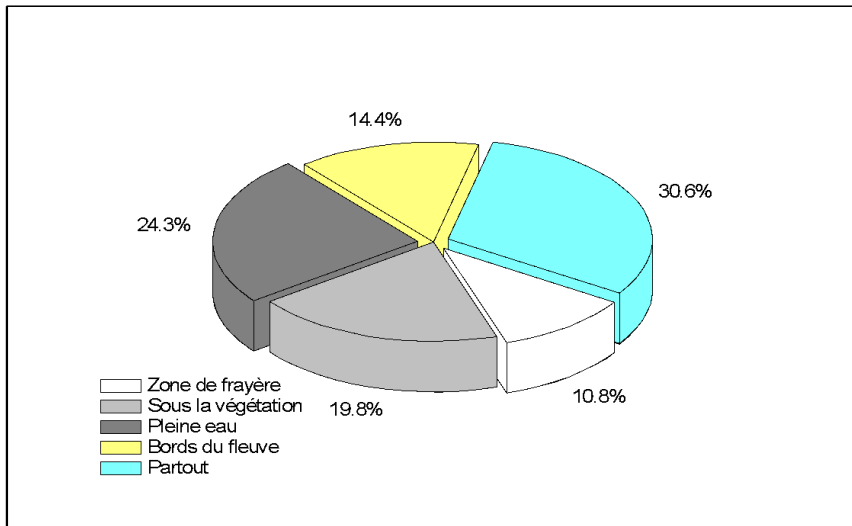


Figure 10. Zones de pêche de poissons Schilbeidae dans le Pool Malebo (fleuve Congo)

3.1.8.5. Tailles de poissons Schilbeidae pêchés

Toutes les tailles de poissons Schilbeidae sont retenues par les pêcheurs du Pool Malebo dans le fleuve Congo. Les poissons de grandes tailles représentent 31,7% suivis de ceux ayant la taille des alevins destinés à l'aquariophilie et la pisciculture artisanale soit 21,1%. Les poissons de petite taille ne sont pas rejetés et constituent 11,4 % des captures (Figure 11).

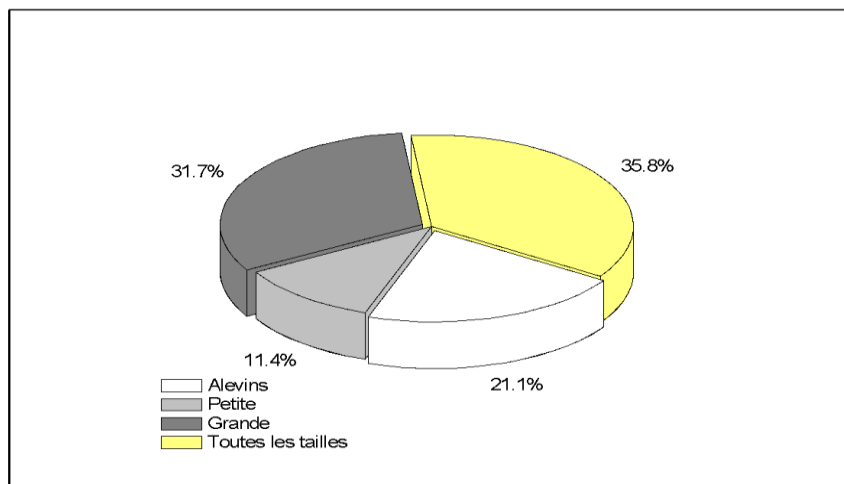


Figure 11. Tailles de poissons Schilbeidae capturés pendant la pêche dans le Pool Malebo (fleuve Congo)

3.1.8.6. Valeur économique de poissons Schilbeidae

Les poissons Schilbeidae exploités dans le Pool Malebo représentent une valeur économique réelle. La majorité de pêcheurs soit 62,2% témoignent qu'une fois pêchés, ces poissons sont facilement achetés et vendus à un bon prix tandis que 25,2% de pêcheurs estiment que ces poissons sont achetés difficilement mais vendus à un bon prix (Figure 12).

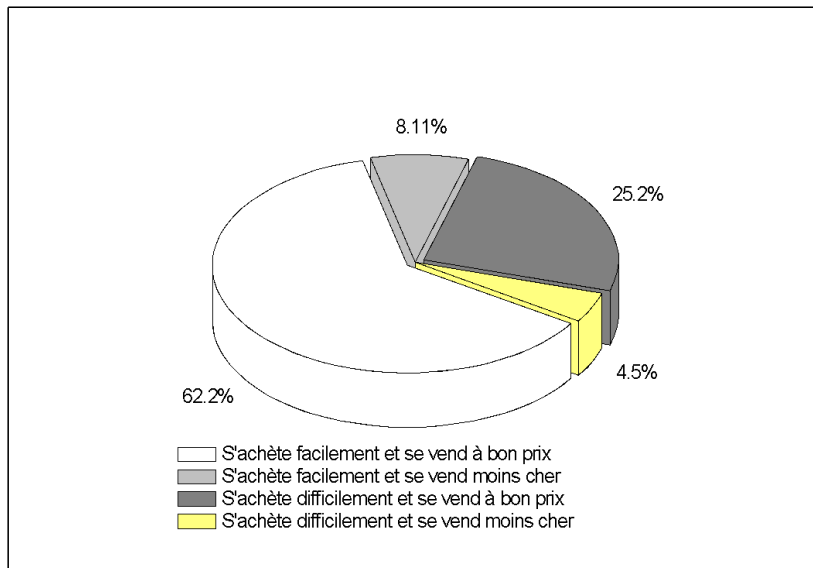


Figure 12. Valeur économique de poissons Schilbeidae pêche dans le Pool Malebo (fleuve Congo)

4. Discussion

Les résultats de l'inventaire des poissons Schilbeidae dans le Pool Malebo ont permis de dénombrer huit espèces (*Schilbe mystus* ; *S. intermedius* ; *S. zairensis* ; *S. congoensis* ; *S. marmoratus* ; *Parailia congica* ; *P. occidentalis* et *Pareutropius mandevillei*) regroupées en trois genres (*Schilbe*, *Parailia* et *Pareutropius*). Ces résultats corroborent avec ceux de Pwema (2014). Les travaux de cet auteur ont permis de dénombrer neuf espèces de poissons Schilbeidae regroupant les trois genres cités ci-haut dans cette partie du fleuve. Poll & Gosse (1995) ; Balema (2009) ; Lokutsha (2020) signalent également la présence de plusieurs espèces de *Schilbeidae* dont *Schilbe mystus* ; *S. intermedius* ; *S. marmoratus* ; *Parailia congica* dans le réseau hydrographique du bassin du Congo. Au niveau des genres, *Schilbe* (62%) et *Parailia* (25%) ont été les plus représentés. Au niveau des espèces, *Schilbe mystus* (261 spécimens), *S. intermedius* (107 spécimens), *S. zairensis* (26 individus) et *Parailia congica* (25 spécimens) sont celles qui ont présenté un

plus grand nombre d'individus. L'indice de Shannon et Weaver a montré que les stations de Kinkole avec huit espèces de poissons ($H' = 1,42$) et Kinsuka avec sept espèces ($H' = 1,205$) ont été les plus diversifiées. Cette situation pourrait d'une part s'expliquer par l'existence de conditions favorables à la reproduction et à l'alimentation (Sanogo & al., 2020). D'autre part, les engins et techniques de pêche employées ne sont pas les mêmes dans toutes les stations de pêche du Pool Malebo. La proportion élevée des poissons du genre *Schilbe* serait due à leur adaptation à plusieurs types d'habitats (Daget, 1959). D'après Tossavi & al. (2015), les poissons *Schilbe* se trouvent parfois dans les cours d'eau sablonneux ou rocheux, ou dans les plaines d'inondation peu profondes et exploitent une diversité d'habitats et peuvent se reproduire à plusieurs endroits.

Une grande partie de poissons a été échantillonnée dans les stations de Kinkole (227 individus) et Kinsuka (179 spécimens). Parmi les huit espèces de poissons Schilbeidae inventoriés, trois (*Schilbe mystus*, *Parailia congica* et *P. occidentalis*) ont été recensées dans toutes les quatre stations de pêche. Au niveau temporel, la grande prise de ces poissons a été effectuée pendant la saison sèche ; entre les mois de Mai et d'Août pour les poissons *Schilbe mystus*, *S. intermedius*, *S. zairensis* et *Parailia occidentalis*. Les autres espèces ont été pêchées durant la saison de pluies (Février et Avril). Certaines espèces de *Schilbeidae* sont rares dans les captures aux filets maillants (Lévêque & Herbinet, 1980), ce qui pourrait justifier leur rareté dans les captures. Selon Chikou & al., (2011) ; Liwouwou & al. (2014) les poissons *Schilbe* se reproduisent pendant la saison de pluies, entre les mois de Septembre et Avril, période au cours de laquelle ils se retirent dans les zones de frayères. Cette période de la reproduction influencerait la capture de poissons durant la saison pluvieuse tout en rendant la période de décrue favorable au prélèvement de poissons *Schilbe* en grande quantité.

En ce qui concerne le profil des pêcheurs enquêtés dans le Pool Malebo (fleuve Congo), il ressort que cette activité de pêche est essentiellement pratiquée par les hommes (100%) dont 80 % sont des mariés. La majorité ont un niveau d'étude moyen (65 % secondaire) et ont acquis une grande expérience dans les activités de pêche. Ces observations se rapprochent de celles relevées par FAO (2013) ; Lusasi & al. (2019). D'après ces auteurs, la pêche est un apanage des hommes ; les femmes représentent plus de la moitié de la main-d'œuvre parmi les nombreuses personnes qui travaillent dans la filière pêche et aquaculture, tels que la manutention, la transformation et la vente des poissons (Lusasi & al., 2020). Ces résultats prouvent à suffisance que la pêche est considérée comme une activité économique qui procure le moyen de vivre à plusieurs Kinois riverains du fleuve Congo dans le Pool Malebo. Au cours des échanges, certains d'entre eux ont donné une perception

négative en ce qui concerne l'exploitation durable de poissons à travers une réglementation du secteur dans le fleuve Congo.

Dans le Pool Malebo, les poissons Schilbeidae sont capturés à des fréquences différentes ; la majorité de pêcheurs interrogés (62,3%) ont confirmé qu'ils prélèvent régulièrement les différentes espèces de poissons de cette famille avec des prises importantes de *Schilbe mystus* (68,5%) et *S. intermedius* (25%). Un grand nombre de pêcheurs (62,2%) ont témoigné qu'une fois pêchés, ces poissons sont facilement achetés et vendus à un bon prix. Il ressort des enquêtes réalisés que toutes les tailles de poissons Schilbeidae sont capturées par les pêcheurs dans le fleuve Congo. Pour des raisons économiques et leur valeur marchande, les poissons de grandes tailles sont les plus recherchés (31,7%). Ceux de la taille des alevins destinés à l'aquariophilie et à la pisciculture traditionnelle représentent 21,1% des captures. Au Bénin, les poissons Schilbeidae font l'objet de beaucoup de capture dans la région du bas Ogooué (Mbega, 2004). Selon Liwouwou & al. (2013), les poissons *Schilbe* représentent entre 33 et 40% de la biomasse des poissons capturés au Bénin. Ils sont plus recherchés par les pêcheurs du fait de leur valeur marchande importante, car vendus sur les marchés, leur prix vaut le double de certaines espèces du genre *Oreochromis*. A Kinshasa (RD Congo), les poissons Schilbeidae (*Schilbe mystus*) ont une valeur marchande importante après les Protopteridae (*Protopterus doloi*), Cyprinidae (*Labeo sp.*), Channidae (*Parachanna obscura* et *P. insignis*) et Clariidae (*Clarias sp.*). Ces résultats confirment les observations de Tossavi (2017) qui note les poissons chats africains présentent une grande valeur économique dans plusieurs régions du continent africain.

Les pêcheurs recourent à divers engins de pêche dont les plus utilisés sont les filets maillants (33%), les toiles moustiquaires (27%), les hameçons (18,3%) et les épuisettes (15,7%). Les poissons Schilbeidae sont dans tous les types d'habitats disponibles dans le Pool Malebo ; la majorité de pêcheurs prélèvent les poissons en plein eau (24,3%), sous la végétation (19,8%), le long des rives du fleuve (14,4%) mais aussi dans les zones de frayère (10,8%). Les dégâts causés par les méthodes de pêche artisanale dans les stations de pêche du Pool Malebo sont énormes. La pêche pratiquée dans les herbes avec des filets inappropriés aux endroits des alevinages et de fraie cause la destruction des habitats. Elle constitue un problème de renouvellement des organismes car, la surexploitation associée aux engins et techniques destructrices ne laisse aucune chance aux espèces animales aquatiques à mieux se reproduire et grandir (Akonkwa & al., 2017). D'ans une étude réalisée dans le lac Mai-Ndombe en RD Congo, Micha (2019) relève que les filets moustiquaires de mailles de 2 mm ne permettent plus le recrutement naturel des espèces classiquement capturées adultes aux filets maillants. La durée de vie d'une senne de plage à moustiquaires est d'un an. Les insecticides

pyréthrinoïdes (tels que deltaméthrine et perméthrine) utilisés pour l'imprégnation (Equiterre, 2019 cité par Micha, 2019) sans influence néfaste directe sur l'homme sont toxiques pour les poissons, les batraciens et les invertébrés d'eau douce et, inhibent la capacité de filtration des mollusques bivalves. Ces substances présentent aussi un fort potentiel de bioaccumulation dans les tissus des organismes aquatiques et pourraient poser un problème au bon fonctionnement de l'écosystème lacustre comme fluvial (Micha, 2019).

Conclusion

Cette étude a eu pour objectif de contribuer à la connaissance de la diversité ichthyologique ainsi que le mode d'exploitation des poissons Schilbeidae (Siluriformes) pêchés dans le Pool Malebo (fleuve Congo) en R.D Congo. La récolte de poissons a eu lieu entre les mois de Février et Septembre 2019 dans les stations de pêche de Maluku, Kinkole, Kingabwa et Kinsuka. Les engins de pêche utilisés sont les filets maillants, épuisettes et la palangre. La faune de poissons Schilbeidae du Pool Malebo est riche et diversifiée. Au total, huit espèces regroupées en trois genres (*Schilbe*, *Parailia* et *Pareutropius*) ont été identifiées. Les poissons *Schilbe mystus*, *S. intermedius* et *S. zairensis* ont été les plus prélevés dans toutes les stations de pêche. Les grandes prises des poissons ont été effectuées durant la saison sèche, entre les mois de Mai et d'Août pour les poissons *Schilbe mystus*, *S. intermedius*, *S. zairensis* et *Parailia occidentalis*. Les engins de pêche utilisés ne sont pas sélectifs, ce qui constitue une menace pour cette ressource. Les résultats de cette étude ont montré que les poissons Schilbeidae ne sont pas exploités de manière rationnelle et durable dans le Pool Malebo (fleuve Congo).

Remerciements

Nous exprimons toute notre gratitude aux pêcheurs œuvrant dans les différentes stations de pêche de Maluku, Kinkole, Kingabwa et Kinsuka dans le Pool Malebo (fleuve Congo) plus particulièrement Monsieur Héritier LOFONGOLA pour nous avoir aidés lors des campagnes organisées dans le cadre de cette étude.

References:

1. Akonkwa, B., Ahouansou, M.S., Nshombo, M. & Lalèyè, P. (2017). Caractérisation de la pêche au lac Kivu. *European Scientific Journal*, 13(21): 269-292, URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n21p269>.
2. Balema, E. H. (2009). Diversité des Schilbeidae, écologie alimentaire et fécondité de *Schilbe marmoratus* Boulanger, 1911 (Siluriformes) des rivières Yoko et Biaro dans le territoire d'Ubundu. Disponible en ligne sur : <http://cd.chm-cbd.net/biodiversity/biblio/publications->

biotechnologiques/milieu-humide/diversite-des-schilbeidae-ecologie-alimentaire-et-fecondite-de-schilbe.

3. Boucher, G. (1997). Diversité spécifique et fonctionnement des écosystèmes: revue des hypothèses et perspectives de recherche en écologie marine. *Vie et Milieu*, 47(4) : 307-316.
4. Boulenger, G. A. (1899). Matériaux pour la faune du Congo: Poissons nouveaux du Congo. *Annales du Musée du Congo, Tervuren, Zoologie I* Rolypters, Cluspes. *Characins*, 59-96.
5. Boulenger, G. A. (1911). Catalogue of fresh water fishes of Africa. *British Museum Natural History, Vol. 2, London*, 529 p.
6. Burgis, J.-M. & Symoens J.-J. (1987). Zones humides et lacs peu profonds d'Afrique. *Paris*, 650 p.
7. Chikou, A., Laleye, A. P., Bonou, A. C., Vandewalle, P. & Philippart, J.-C. (2011). Tailles de première maturité et de capture de six espèces de poisson-chat dans le delta de l'Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(4): 1527-1537, DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i4.18>.
8. Daget, J. (1959). Note sur les *Distichodus* (Poissons Characiformes) de l'Ouest africain. *Bull. I.F.A.N.* 21: 1275-1303.
9. De Vos, L. (1995). A systematic revision of the African *Schilbeidae* (Teleostei, Siluriformes). With an annotated bibliography. *Ann. Mus. R. Afr. Centr., Sci. Zool.*, 271:1-450.
10. De Vos, L. (2003). *Schilbeidae*. p. 97-116 In Lévêque, C., Paugy, D & Teugels, G.G. (eds.) Faune des poissons d'eaux douce et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 2. *Coll. Faune et Flore tropicales 40, Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Belgique, Museum National d'Histoire Naturelle, Institut de Recherche pour le Développement, Paris, France*, 815 p.
11. Diomande, D., Kotchi, Y. B., Edia, O. I., Koffi, F. K. & Gourene, G. (2009). Diversité des macroinvertébrés benthiques de la rivière Agneby (Cote d'Ivoire, Afrique de l'Ouest). *European Journal of Scientific Research*, 35(3) : 368- 377.
12. FAO. (2009). Profils des pêches et de l'aquaculture en R.D Congo. *Département des pêches et de l'aquaculture*, 16 p. Disponible sur Internet : http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_congo/fr.
13. FAO. (2013). Le rôle de l'aquaculture dans l'amélioration de la nutrition: Possibilités et défis. *Saint-Pétersbourg, Fédération de Russie, COFI:AQ/VII*, 9 p.
14. Kouamélan, E. P. (1999). L'effet du lac de barrage Ayamé (Côte d'Ivoire) sur la distribution et l'écologie alimentaire des poissons *Mormyridae* (Teleostei, Osteoglossiformes). Thèse de Doctorat, Katholieke Universteit Leuven, Belgique, 221 p.

15. Lévêque, C. & Herbinet, P. (1980). Caractères méristiques et biologie de *Schilbe mystus* (Pisces, Schilbeidae) en Côte d'Ivoire. *Cah. O. R.S. T.O. Ai., Sér. Hydrobiol.*, 13(3-4) : 161-170.
16. Lévêque, C., Paugy, D. & Teugels, G. G. (1990 et 1992). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. *Tome 1 et 2, Edition ORSTM*, 902 p.
17. Liwouwou, J. F., Montcho, A. S., Chikou, A., Adandedjan, D., Mbega, J. D. & Laleye, A. P. (2013). Le régime alimentaire de *Schilbe multitaeniatus* (Pellegrin, 1913) (Siluriformes, Schilbeidae) de la rivière Rembo Bongo au Gabon (Afrique Centrale). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(5): 1853-1865, DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i5.6>.
18. Liwouwou, J. F., Montcho, A. S., Montchowui, E., Mbega, J. D. & Laleye, P. (2014). Quelques aspects de la biologie de la reproduction de *Schilbe multitaeniatus* (Siluriformes, Schilbeidae) de la rivière Rembo Bongo (Gabon). *Cybium*, 38(4): 279-287.
19. Lokutsha, Y. D. (2020). Biodiversité et écologie des poissons du fleuve Congo dans la réserve de Biosphère de Yangambi (RDC). Disponible en ligne sur : http://cd.chm-cbd.net/biodiversity/biblio/publications-biotechnologiques/milieu-humide/biodiversite-et-ecologie-des-poissons-du-fleuve-congo-dans-la-reserve-de-biosphere_
20. Lusasi, S. W., Makiese, M. P., Kunonga, N. L., Munganga, K. C., Kavumbu, M. S. & Pwema K. V. (2019). Proportion de vente des poissons frais locaux et importés dans les marchés de Kinshasa en République Démocratique du Congo (cas des marchés de la Liberté de Masina et Central de Kinshasa). *Journal of Applied Biosciences*, 141:14353–14363, DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v141i1.2>.
21. Lusasi, S. W., Manza, R. K., Bipendu, M. N., Kavumbu, M. S., Munganga, K. C., Gafuene, N. G. & Pwema, K. V. (2020). Analysis of the ichthyological composition of smoked fish sold in the Liberté and Gambela markets in Kinshasa, Democratic Republic of Congo. *Agriculture Science*, 2(2):69-79, DOI: <https://doi.org/10.30560/as.v2n2p69>.
22. Marcon E. & Morneau F. (2014). Mesures de la Biodiversité. *UMR EcoFoG*, www.ecofog.gf.
23. Mbadu, Z. V. (2011). Biologie des espèces du genre *Distichodus* Müller et Troschel, 1845 (*Distichodontidae*, Pisces) du Pool Malebo (fleuve Congo) en rapport avec les mécanismes d'exploitation de leurs niches trophiques. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, R.D Congo, 442 p.
24. Mbega, J. D. & Teugels, G. G. (2003). Guide de détermination des poissons du bassin inférieur de l'Ogooué. *Musée Royal de l'Afrique Centrale (MRAC)*, 165 p.

25. Mbega, J. D. (2004). Biodiversité des poissons du bassin inférieur de l'Ogooué (Gabon). Thèse de Doctorat, Faculté notre Dame de la Paix de Namur, Belgique, 390 p.
26. Micha, J.-C. (2019). La pêche continentale malade du paludisme en Afrique centrale. *Tropicultura*, 37(1). Disponible en ligne, URL : <https://popups.uliege.be:443/2295-8010/index.php?id=266>.
27. Mondo, M. T., Pwema, K. V., Lusasi, S. W., Gizanga, V. R., Nsimanda, I. C., Wafula, M. & Musibono, E. A. D. (2020). Evaluation du profil métallique et biologique de la pollution de l'air atmosphérique dans la ville province de Kinshasa, République Démocratique du Congo. *International Journal of Applied Research*, 6(8): 115-123.
28. Mukendi, T. M., Mbale, K. H., Bongo, K. G & Lukoki, L. F. (2021). Floristic inventory of invasive alien aquatic plants found in Molondo, Mipongo and Japan islands of the Pool Malebo in Congo River, in the Democratic Republic of Congo. *Asian Journal of Research in Botany*, 5(4) : 1-13.
29. Munganga, K. C., Kavumbu, M. S., Bipendu, M. N., Kunonga, N. L., Lusasi, S. W. & Pwema, K. V. (2020). Evaluation de la Qualité Écologique de la Rivière Musolo à Kinkole Basée sur les Macroinvertébrés Benthiques (Kinshasa, R.D Congo). *European Journal of Scientific Research*, 155(2) : 162-176.
30. Poil, M. (1957). Les genres des poissons d'eau douce de l'Afrique. *Annales du Musée du Congo belge, série in-8, Sciences zoologiques*, 191 p.
31. Poil, M. (1971). Révision des Synodontis africains (famille des Mochokidae). *Ann. Mus. R. Afr. Cent*, 191(12) : 17-20.
32. Poil, M. & Gosse, J. P. (1995). Généra des poissons d'eaux douces de l'Afrique. *Classe des Sciences, Académie Royale de Belgique*, 324 p.
33. Poil, M. (1959). Recherches écologiques sur la faune ichthyologique du Stanley-Pool. pp. 183-201. In Symp. Franco-belge sur des Problèmes écol. Et éthol. (Bruxelles, 15-18 mai 1958). *Ann. Soc. roy. Zool. Belg.* 89(1).
34. Pwema, K. V. (2014). Ecologie alimentaire, reproduction et mode d'adaptation de cinq espèces de Labeo Cuvier, 1817 dans les milieux lentique et des rapides au Pool Malebo dans le fleuve. Thèse de doctorat présentée et défendue en vue de l'obtention du grade de docteur en Sciences biologiques, Université de Kinshasa, R.D Congo, 163 p.
35. Pwema, K. V., Mbomba, B. N., Kikala, A. E., Lusasi, S. W. & Micha, J.-C. (2019). Utilisation des alevins de *Schilbe mystus* (Linné, 1758)

- (*Siluriformes* : *Schilbeidae*) dans la lutte biologique contre les larves de moustiques. *Congo science*, 7(1) : 83-86.
36. Sanogo, S., Compaoré, I., Ouattara A., Sow, O. & Kabré T. A. (2020). Etat des lieux de la faune ichtyologique des pêcheries de la Sirba et de Sidi-Kompenga, Est du Burkina Faso. *European Scientific Journal*, 16(40), 71-90. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n40p71>.
37. Sisa, M. E., Mukwita, N. J., Mutambel, H. & Pwema, K. V. (2018). Contribution à l'étude de la structure et de la dynamique des peuplements ichthyologiques des cours d'eau de la ville de Kinshasa : Cas de la rivière Lukunga. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 24(3) : 1357-1371.
38. Snoeks, J., Harrison, I. J. H. & Stiassny, M. L. J. (2011). Status and distribution of freshwater fishes. In: Darwall, W. R. T., Smith, K. G., Allen, D. J. & Holland, R.A, Harrison.
39. Stiassny, M. L. J., Teugels, G. G. & Hopkins, C. D. (2007). Poissons d'eaux douces et saumâtres de basse Guinée, Ouest de l'Afrique centrale. *IRD, MRAC, MNHN. Vol 1 & 2, Collection Faune et flore tropicale*, 863 p.
40. Tembeni, M. T. J. (2017). Structure des communautés des poissons *Mochokidae* (*Ostariophysi*, *Siluriformes*) dans le Pool Malebo (Fleuve Congo), R.D. Congo en relation avec la distribution spatio-temporelle, la niche trophique et la stratégie démographique. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Université de Kinshasa, R.D. Congo, 303 p.
41. Tossavi, E. C., Kpogue, D. N. S., Vodounnou, V. J. S. D., Djissou, A. M. S., Mensah, G. A. & Fiogbe, E. D. (2015). Synthèse bibliographique sur la biologie et l'écologie du silure argent, *Schilbe intermedius* (Rüppell, 1832). *Annales des Sciences Agronomiques*, 19(2) : 1-14.
42. Tossavi, M. C. E. (2017). Domestication de *Schilbe intermedius* (*Siluriformes*, *Schilbeidae*) : transfert, reproduction et besoins nutritionnels. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, Université d'Abomey-Calavi, République du Bénin, 211 p.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Landsat 8 oli Satellite Imagery Mapping and Analysis of Bedrock Fracture Networks in the Departments of Yamoussoukro and Toumodi (Central Cote d'Ivoire)

Atte Guillaume, PhD Student

Konan-Waidhet Arthur Brice, PhD, Senior Lecturer at the CAMES Universities

Sombe Abé Parfait, PhD, Senior Lecturer at the CAMES Universities

Kokobou Kouassi Hervé Jacques, PhD Student

Jean Lorougnon Guede University
of Daloa, Cote d'Ivoire

Biemi Jea, PhD, Professor at the CAMES Universities

Felix Houphouet Boigny University, Abidjan, Cote d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p206](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p206)

Submitted: 09 May 2022

Accepted: 19 September 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Guillaume A., Arthur Brice K-W., Parfait S. A. Hervé Jacques K.K. & Jea B. (2022). *Landsat 8 oli Satellite Imagery Mapping and Analysis of Bedrock Fracture Networks in the Departments of Yamoussoukro and Toumodi (Central Cote d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 206. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p206>

Abstract

This study focuses on the departments of Yamoussoukro and Toumodi located in central Côte d'Ivoire where the problem of drinking water supply is a growing reality. Its objective is to map and analyze the fracturing likely to develop underground aquifers from Landsat 8 OLI data. The set of techniques (color composition, directional and gradient filters) used resulted in the enhancement of linear structures present on satellite images, allowing a better mapping of geological features. The linear map obtained, after the different treatments, is very dense and includes 2063 lineaments. The validation of these different linear structures was made on the basis of the drillings already carried out from the data of the geophysics. The analysis of the fracture networks emphasized two dominant directions, namely: N0°-10° (N-S) and N90°-100° (E-W), which highlights the heterogeneity of the geological formations. These results constitute an essential contribution to the

exploitation of groundwater resources in the departments of Yamoussoukro and Toumodi.

Keywords: Remote sensing, lineament, groundwater, density of fracturation, Cote d'Ivoire

1. Introduction

Lineament mapping is one of the essential components in hydrogeological prospecting (Habib et al., 2013). It is an excellent way to access groundwater (Koudou et al., 2014). Fracture networks are identified as the main pathways for groundwater flows, starting from the transport of solutes, pollutants, and heat in rocks. The fracture is thus considered a necessarily more conductive element than the affected rock volume (Yao et al., 2014). In Côte d'Ivoire, the main groundwater resources are located in fractured rocks of the Precambrian basement and in alterites. The complexity of fractured environments greatly increases the difficulty of their characterization (Koudou et al., 2014). This difficulty is related to the fact that underground water systems are invisible. Therefore, knowledge of underground fracture systems emerges as a major issue in the search for new groundwater sites. Also, drilling in basement environments is quite difficult and costly (Alfonsi et al., 2003). According to Kouadio et al. (2020), groundwater resources in rock aquifers represent a major resource for rural populations within south of the Sahara. This is because surface water is not perennial due to high evapotranspiration or poor quality. The study of aquifer fracture networks is important in hydrogeology and can be achieved by various approaches (Lasm et al., 2004). Thus, satellite imagery is the method that was used during this study. The synoptic view of remote sensing allows the study of large geographical fields and is a powerful tool for the study of underground fracturing. To this end, Landsat 8 Oli images have been used for lineament identification by several authors (Akokponhoué et al., 2017; Jie et al., 2018; Kouame et al., 2019; Miyouna et al., 2020) with satisfactory results. In addition, several works (Magesh et al., 2012; Ndatuwong & Yadav, 2014; Oikonomidis et al., 2015; Oussou et al., 2019) have shown that the study of groundwater potential takes into account geological, hydrological, and climatic factors. The objective of this study is to map and analyze fracture networks that may constitute groundwater aquifers from Landsat 8 OLI data in the departments of Yamoussoukro and Toumodi in central Côte d'Ivoire.

2. Material and Methods

2.1. Study Area

The departments of Yamoussoukro and Toumodi are located in central Côte d'Ivoire between longitudes $4^{\circ}40'$ and $5^{\circ}33'$ West and latitudes $6^{\circ}15'$ and $7^{\circ}6'$ North. They also cover an area of 4789.4 km² (Figure 1).

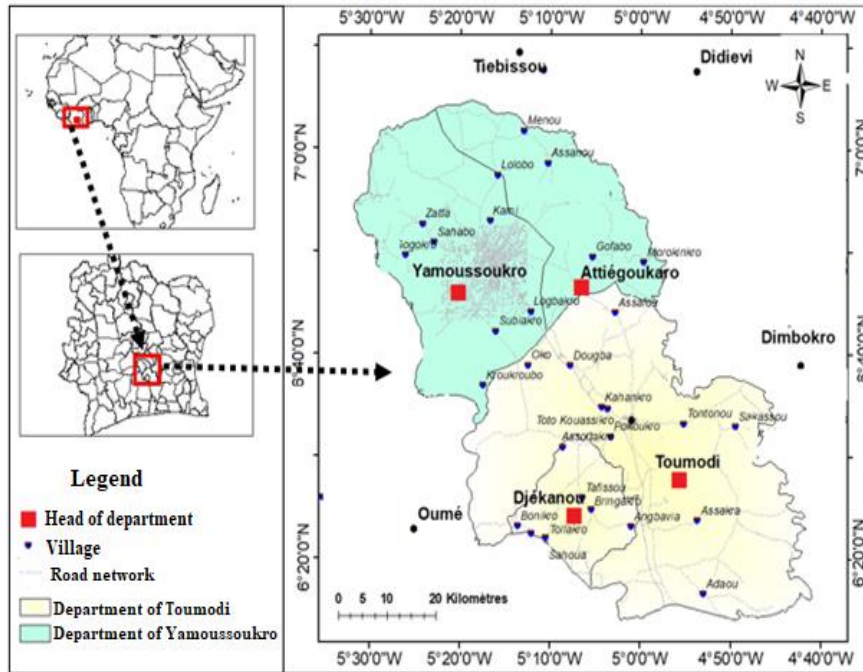


Figure 1. Study area

The departments of Yamoussoukro and Toumodi are characterized by the plateaus of the tree savanna zone (Ehoussou et al., 2019). Furthermore, the geomorphological landscape of the area is characterized by pediplains with quasi-rectilinear slopes, flat lowlands, and very flattened and low granite mountain ranges whose average altitude is around 200 m (Yao et al., 2010).

The climate of the basin is a mild transitional equatorial type characterized by rainy season from March to October and dry season from November to February (Figure 2). The average temperature of the region is about 26°C. The highest temperature is around 28°C and is observed in the months of February and March. Annual rainfall ranges from 900 mm to 1,600 mm per year, with a highly variable spatial distribution throughout the year (PRICI, 2016).

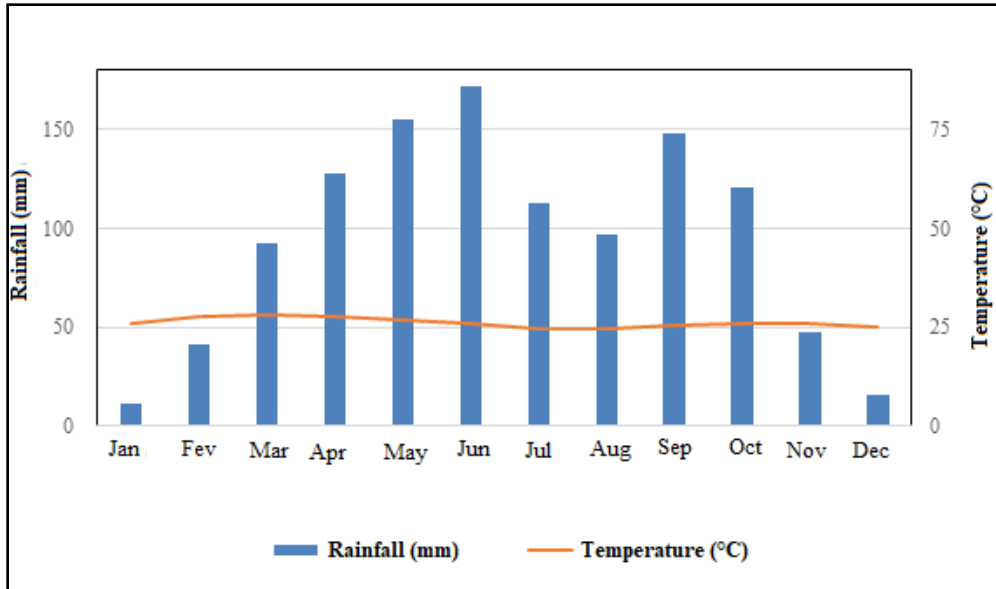


Figure 2. Umbrothermal diagram of the study area (1974-2019)

Ferralitic soils are the most abundant in these departments, where the vegetation consists of mesophilic forest, gallery forest, shrubby savannahs or savannahs with roasted trees. The Bandama River and its tributaries constitute the main hydrographic network.

2.2 Geological Context

Côte d'Ivoire is located in the heart of the Man ridge and is made up of two major geological units: the Precambrian basement (97.5% of the territory) and the sedimentary domain (2.5% of the territory). The departments of Yamoussoukro and Toumodi belong to the granite-gneissic peneplain of the Precambrian basement. The main geological formations consist of magmatic rocks and metamorphic rocks (Yacé, 1976; Soro 2010; N'guessan et al., 2014). Metamorphic rocks are of sedimentary (sandstone, conglomerates, shale), volcanic (lava, acid or basic, predominant) and volcano-sedimentary (boulders, tuff, breccia, shale) origin. The magmatic rocks consist of recent granitoids, granites, migmatites, and gneisses (Figure 3). These two main geological formations lead to the formation of a hydrogeological context characterized by a composite aquifer type (an alterite aquifer and a fissured or fractured aquifer).

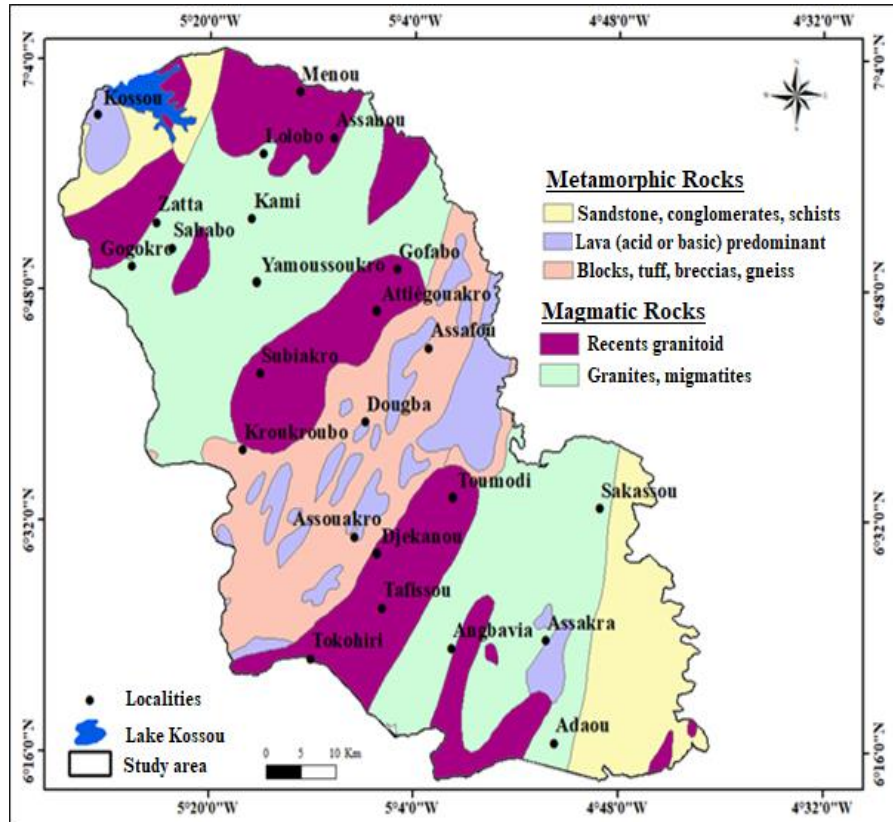


Figure 3. Geological map of the study area

2.2. Materials

The study material consists of technical data from 100 boreholes collected at the Regional Directorate of Hydraulics of Yamoussoukro. Geological and topographical maps of the square degrees of Yamoussoukro and Toumodi at a scale of 1:200,000, which is produced respectively by the Geology Directorate and the Centre de Cartographie et de Télédétection de Côte d'Ivoire (CCT), were also collected. For the mapping of lineament maps, a Landsat 8 Oli satellite image consisting of scene 197-55 and acquired on 12/02/2019 was used. The processing of these data required the use of several software packages such as Envi 4.7 for the processing of satellite images, Linwin 2.1 for the processing and statistical analysis of lineaments, and ArcGIS 10.4.1 for the mapping of the fracture network.

2.3. Methods

The working methodology is based on mapping and lineament analysis. Several hydrogeological studies have been conducted in basement settings through the use of remote sensing (Koita, 2010; N'go et al., 2010; Mangoua, 2013; Yao, 2015). Their major objectives were to propose

methodologies that characterize tectonic faults and determine their role in subsurface flow. All these studies are oriented towards the identification and characterization of lineaments on satellite images. Lineaments are rectilinear objects identifiable on satellite images that reflect deep geological phenomena such as fractures, faults or geological contacts. The identification of lineaments in satellite images depends on the ability of the sensor to detect the slight variations in reflectance associated with these geological phenomena (Dubois, 1999). According to El Hadani (1997), the study of lineaments can meet two objectives, namely: (i) the orientation of reconnaissance campaigns by defining potentially favorable areas; (ii) the selection of point sites for the implementation of drilling. Therefore, the use of satellite images can be one of the first means of studying aquifers before the implementation of other methods such as geophysical prospecting or pumping tests to confirm and/or complete the results. The mapping of lineaments will be done in four steps: pre-processing, image processing, validation, and statistical analysis of lineaments.

2.3.1. Preprocessing of Landsat 8 Oli Images

The pre-processing applied to a satellite image is radiometric and geometric. They eliminate radiometric noise in the bands and correct geometric distortions in order to make them perfectly superimposable on existing thematic maps (topographic, geological and photogeological maps) (Jourda, 2005). Due to the fact that the images were taken during the dry season, these images appear without major radiometric noise and therefore do not require significant pre-processing.

2.3.2. Digital Image Processing for Lineament Extraction

Color compositions and directional spatial filtering were applied for image enhancement.

Colored Composition Techniques

This method is presented as an image enhancement technique for good visualization. It is also called RGB (Red, Green, Blue) technique or RGB transformation, and allows a multi-color image from three monochrome images. On the screen, the colored compositions simultaneously displays three bands of images in the basic channels (Red/Green/Blue). The compositions that gave the most interesting results are made up of the bands Oli 2, Oli 3, and Oli 4. These compositions allow the distinction of bare soil, lithological discontinuities, water bodies, and regional and local lineaments.

Spatial Filtering Techniques and Lineament Extraction

Spatial filtering is used to highlight the boundaries between two landscapes and certain features of the image such as lineament structures, roads, etc. In this study, the directional filters of Sobel and the gradient of dimension (7x7) were used. These processing techniques used by several authors have given very good results (Jourda, 2005; Mangoua, 2013; Yao, 2015). All of this processing on Landsat Oli 8 images provided complementary visual supports on which the lineament photo-interpretation work was based.

The survey of the structural lineaments itself was carried out manually with a visual analysis on the screen. The method consists of representing by a line segment, the image discontinuities and the abrupt changes of tonality observed on the processed images. Before the extraction of the lineaments, the road network and the high voltage electrical wires are vectorized from several administrative maps set in the same coordinate system as the satellite images. Thereafter, these different linear elements of anthropic origin (roads, tracks, electric and telephone wires) are superimposed on the different photo-interpreted images in order to avoid taking them into account during the manual extraction of the lineaments.

2.3.3. Statistical Analysis of Lineaments

Statistical analysis of lineaments has been the subject of several studies including Lasm (2000) and Kouassi et al. (2019). The lineaments made from Landsat 8 Oli images were subjected to frequency analysis so as to highlight the main directions through the directional rosette. Furthermore, the orientation of the fractures is one of the essential parameters indicating the direction of groundwater flow in the basement. As a result, the water accumulation zones that are potentially favourable to the implantation of drillings are determined. The geometric analysis of the lineament network is essential to describe the structure of a watershed. Therefore, the geometric parameters studied in this work are the orientation and the length of the fractures. From these parameters, directional rosettes were drawn up so as to observe the weight of fractures (percentages in cumulative lengths) and their number (Abdou Boko et al., 2017), along the main directions. Thus, the statistical analysis of the orientation of the lineaments forming the network makes it possible to identify the dominant directions. The conventional method is to produce a directional rosette whose petals are proportional to the cumulative length of the lineaments (Yao et al., 2012). This lineament map highlights the spatial variability of lineament intensity at small scale of investigation. To do this, the lineament map is georeferenced to be recognized by the Linwin software. The software program establishes the directional

rosette, the cumulative length, and the cumulative number of lineaments at the same time.

2.3.4. Validation of the Lineament Map

Once the lineament map is completed, their structural significance must be clarified (Razack, 1984). Thus, it must be shown that the lineaments identified on the Landsat Oli 8 image are in agreement with the fracturing (measured in the outcrop and on the geological map) of the geological formations of the study site. This validation is based on the comparison of the directions of the major lineament families (from the Landsat 8 Oli image processing) with the fracturing directions found on the geological map and in the outcrop (Koita, 2010). Similarly, the superposition of the lineament map with the geophysical drilling map highlights the coincidences between the major tectonic features and the most productive drillings (Jourda, 2005). According to Jourda (2005), the most productive boreholes are located on the major faults and can therefore be an essential tool for lineament validation. In this study, the lineaments were validated using previous work done in the study area and the drill holes established by geophysics.

3. Results and Discussion

3.1. Lineament Map

Image processing using different techniques revealed many discontinuities. The detailed lineament map (Figure 4) contains 2063 lineaments extracted manually from the image interpretation. The cumulative length of the lineaments is equal to 2410 km. The exploitation of the detailed lineament map allows the elaboration of numerous thematic files from which the geometry of the underground aquifers is defined and characterized (fracturing density, distribution of the lengths and orientations of the lineaments). This lineament network map is not exhaustive, but it is a representative of the studied area.

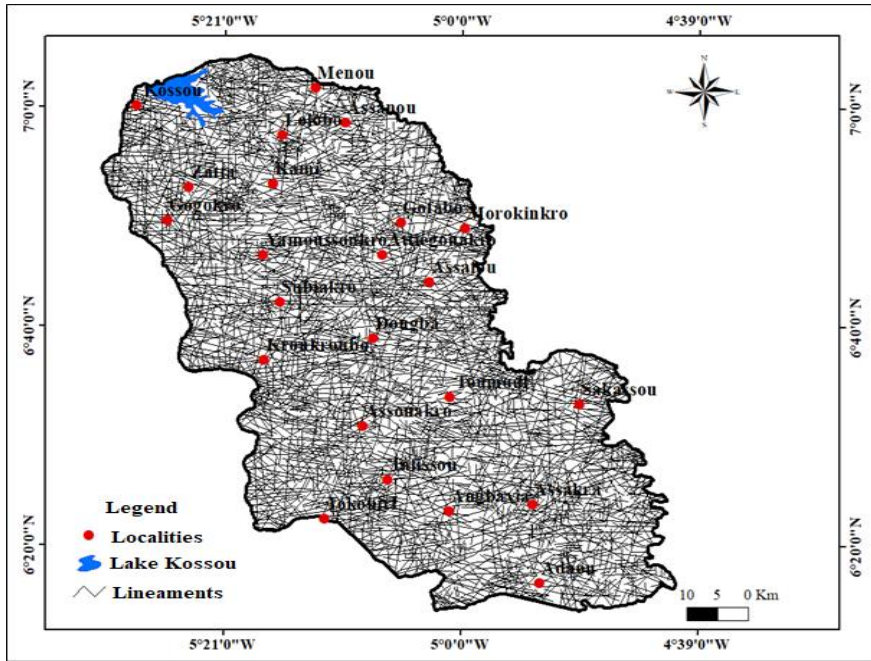


Figure 4. Detailed lineament map of Yamoussoukro and Toumodi departments

3.2. Statistical Analysis of Lineaments

Through statistical analysis of the fractures, the percentages in number and cumulative lengths of lineaments were determined. This also led to the realization of the directional rosette in cumulative number and length of lineaments (Figure 5). The distribution of lineaments expressed in number and cumulative length on the directional rosette is almost homogeneous. The fractures are grouped according to their orientation into 18 orientation classes by 10 degree angular crescents. The dominant directions are those with a percentage greater than or equal to 10%. The directions obtained (Figure 5) define three main orientations, which are $N0^{\circ}-10^{\circ}$ (N-S), $N90^{\circ}-100^{\circ}$ (E-W), and $N70^{\circ}-80^{\circ}$ (NW-SE). The most dominant directions are $N 0^{\circ}-10^{\circ}$ (N-S) and $N90^{\circ}-100^{\circ}$ (E-W).

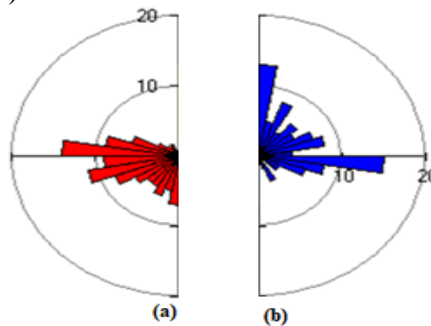


Figure 5. Directional rosette of lineaments: (a) in cumulative length and (b) in number

3.3. Validation of the Lineament Map

Boreholes drilled with geophysics were overlaid on the lineament map from Landsat 8 Oli images (Figure 6). Most of these boreholes are located on or near lineaments and have large flow rates. However, some of these boreholes have low flow rates. This result shows that the largest flow rates obtained in this region would be related to major fractures. Thus, based on the validation of the detailed lineament map, the fracture value is assigned to all the lineaments selected.

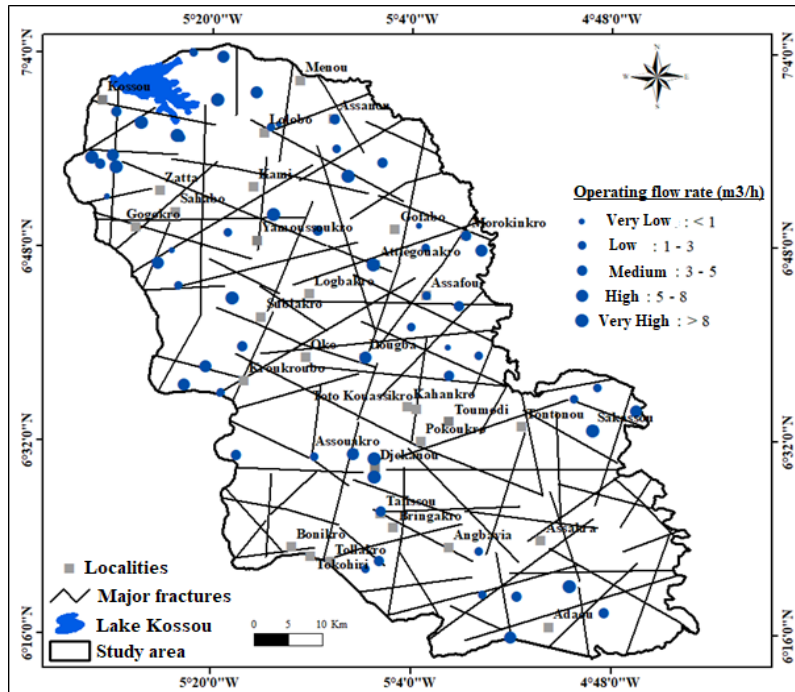


Figure 6. Validation map (Overlaying of boreholes drilled using geophysics on the lineaments)

3.4. Spatial Distribution of Fracture Intensities

The overall analysis of fracture density distribution (Figure 7) shows a spatial variability of fracture intensity, which is divided into 5 classes. The class of very low fracture density occupies 2.3% of the study area. These areas are distributed mostly in the northwest, southwest, south, and east of the study area. The low fracture density zones occupy 19.1% of the study area. They are mostly distributed in the southern and eastern parts of the study area. These zones are also found in the form of pockets in the northwest, west, and southwest extremities of the study area. The medium and high fracture density classes represent 36% and 35.2% of the study area, respectively. These classes are present over almost the entire study area. The very high fracture density

class occupies 7.4% of the study area. This class is mostly found in the form of pockets in the north central and south central parts of the study area.

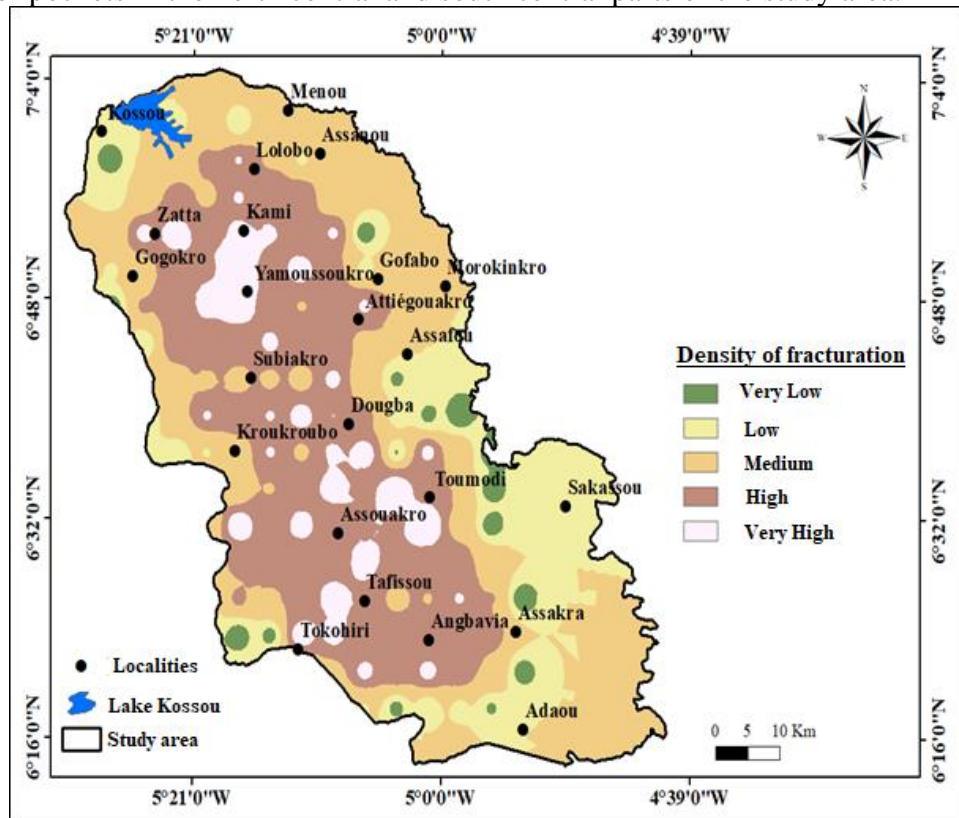


Figure 7. Fracture density map of Yamoussoukro and Toumodi departments

3.5. Discussion

Characterization of fracture geometry has been the subject of many studies (Biémi, 1992; Gillespie et al., 1993; Bodin & Razack, 1999; Darcel et al., 2003; Razack & Lasm, 2006; Youan Ta et al., 2008; Yao, 2009; Sorokoby et al., 2010; De Lasme, 2013; Baka, 2012; Oulare et al., 2016; Akokponhoue et al., 2018; Onetié et al., 2020; Kouadio et al., 2020; Koffi et al., 2021). These studies have provided a better understanding of fractured environments. In several regions of Cote d'Ivoire, the preferential fracture directions recorded are N0-10° and N90-100°. Thus, the main fracture directions identified in Yamoussoukro and Toumodi are similar to those recorded by Soro et al. (2010) in the Aries region, of which the study area is part, as well as in the Nzi-Comoé region (Kouassi et al., 2013). This suggests that these regions were affected by similar tectonics. Therefore, these lineaments can be equated to fractures (Onetié et al., 2020). Matching the overlay of geophysically-implemented borehole flows with the fracturing map confirms that the identified lineaments are most likely associated with fracturing. The results of the

manual mapping of the lineamentary structures showed that the departments of Yamoussoukro and Toumodi are strongly fractured. As a result, the methodology of mapping these fractures is validated. This methodology further highlights the fracturing map of the Marahoué watershed (Biémi,1992), the Odienné region (Savané, 1997), the Korhogo region (Jourda, 2005), the Baya watershed (Mangoua, 2013), the Lobo watershed (Yao, 2015; Kouadio et al., 2020), etc.

Lineament density is an indicator of the degree of rock fracturing. Zones of relatively high lineament density are identified as zones of high degree of rock fracturing, which are essential for groundwater conduit development in a given area. According to Yao et al. (2014), the influence of lineament on the productivity of a borehole remains a controversy. This is because the role played by lineaments in groundwater circulation becomes difficult to decide when considering only borehole flow or when looking at a regional scale only. For this reason, a comparison is made with boreholes already established by geophysics to understand the contribution of lineaments in groundwater circulation. This approach has been used by Koffi et al. (2021) to search for productive aquifers in the northern region of Côte d'Ivoire. It has also been used by Koné et al. (2019) in Bamako (Mali), who claims to have associated a good part of the field observations to already existing structures with a greater accuracy than those observed on the images.

Conclusion

Through the use of OLI images, the lineament map was made with quite satisfactory results. The fracture density map shows that the study area is highly fractured. Thus, the detailed lineament map contains 2063 manually extracted lineaments with a cumulative length of lineaments equal to 2410 km. Statistical analysis of the detailed lineament map showed that the Yamoussoukro department is strongly fractured, and two dominant directions were highlighted, namely: $N0^{\circ}-10^{\circ}$ (N-S) and $N90^{\circ}-100^{\circ}$ (E-W). Based on a comparison made with boreholes already established by geophysics, it was easy to understand the contribution of the lineaments in the circulation of groundwater. Thus, through the validation of the detailed lineaments map, the fracture value that was searched during the implantation of the boreholes was attributed to all the lineaments retained.

References:

1. Abdou Boko B., Konaté, M., Adamou, R., & Abdoulaye, A. (2017). Contribution du système de fracturation à la recharge des aquifères du bassin de Tim Mersoï (Nord Niger). *Science de la vie, de la terre et agronomie, REV. CAMES - 05 (01) : 64-72.*

2. Akokponhoue, B. H., Yalo, N., Glodji, L. A., Alassane, A., Agbahungba, G., & Lasm, T. (2018). Cartographie structurale des accidents géologiques majeurs du socle cristallin du département de la Donga (Nord-Ouest du Bénin) : Apport des images landsat-8 Oli et des données de terrain. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 24 (3): 1266-1283.
3. Akokponhoué, B.H., Yalo, N., Lasm, T., Youan Ta, M., Alassane, A., Kouamé, J.K., Akokponhoué, N.Y., Hounton, C. C., & Suanon, F. (2017). Contribution of Remote Sensing to the Structural Mapping of Aquifers with Large Water Flows in the Crystalline Hard-Rock in the Department of Donga (North-West of Benin). *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 7 (7) : 392- 403.
4. Alfonsi, P., Fouché, O., & Savajol, A. (2003). Extrapolation statistique de la fracturation des massifs rocheux : application aux tunnels et fondations. *Journées des Sciences de l'Ingénieur – Dourdan 9-11/12/03*.
5. Biemi, J. (1992). Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants sub-sahéliens du socle précambrien de l'Afrique de l'Ouest : Hydrostructurale, hydrodynamique, hydrochimie et isotopie des aquifères discontinus de sillons et aires granitiques de la haute Marahoué (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences Naturelles, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 493p.
6. Dubois, J. (1999). Identification des linéaments dans les images satellitaires par ajustement et suivi de segment. Mémoire de Maîtrise, Université de Sherbrooke (Québec, Canada), 123 p.
7. Ehoussou, K. M., Kouassi, A. M., & Kamagaté, B. (2019). Caractérisation hydrogéochimique des aquifères fissurés de la région du bélier, centre de la Côte d'Ivoire. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, (33) : 137 – 160.
8. El Hadani, D. (1997). Télédétection et système d'information géographique pour la gestion et la recherche de l'eau. *Remote Sensing and Geographic information Systems for Design and Operation of Water Resources Systems*. IAHS Publication, 242 : 197-204.
9. Habib, A., Labbassi, K., Akdim, N., & Tajdi, A. (2013). Contribution des données alos et landsat dans la cartographie et l'analyse des linéaments dans le sahel central (maroc occidental). *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, n ° 203 : 33-41.
10. Jie, P., Li, W., Ni, H., Jing, G., Jianhua, C., & Zheng, N. (2018). Analysis of Landsat-8 OLI Imagery for Estimating Exposed Bedrock Fractions in Typical Karst Regions of Southwest China Using a Karst

- Bare-Rock Index. Remote Sens., 10 (1321) : 1-19.
doi:10.3390/rs10091321
11. Jourda, J.P.R. (2005). Méthodologie d'application des techniques de télédétection et des systèmes d'information géographique à l'étude des aquifères fissurés d'Afrique de l'ouest. Concept de l'hydrotechnique spatiale : cas des zones tests de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat ès sciences Naturelles, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 429p.
 12. Koffi, A. S., Kouakou, K. É. G., & Tuo, Y.O. (2021). Extraction par la télédétection du réseau de fractures majeures pour la prospection de l'eau souterraine dans la commune de niakaramandougou. Am. J. innov. res. appl. sci. 12(1) : 1-12.
 13. Koita, M. (2010). Caractérisation et modélisation du fonctionnement hydrodynamique d'un aquifère fracturé en zone de socle. Région de Dimbokro-Bongouanou (Centre-est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II (Montpellier, France), 220p.
 14. Kone, A., Bouare, M. L., Daou, I., & Maiga, H. B. (2019). Caractérisation structurale et litho structurale des linéaments par différents traitements d'image satellitaire : cas de Bamako et ses environs, sud – ouest du Mali. Rev. Ivoir. Sci. Technol., (33) : 19 – 35.
 15. Kouadio, J.O.K., Dibi, B., Mangoua, M.J., Konan-Waidhet, A. B., & Kamagaté, B. (2020). Contribution of Sentinel Radar Images 1A to the Extraction of Lineaments from the Lobo Watershed (Center-West of the Ivory Coast). Journal of Geography, Environment and Earth Science International, 24(8): 11-25.
 16. Kouame, A. K., Youan Ta, M., De Lasmé, O. Z., Baka, D., Njeugeut, C. A. M., & Kouame, F. K. (2019). Analysis of Fracture Networks of the Black Volta Catchment in Côte D'ivoire. Journal of Geography, Environment and Earth Science International, 19(2) : 1-14.
 17. Kouassi, A. M., Okaingni, J. C., Kouakou, K. E., & Biemi, J. (2013). Evaluation des propriétés hydrauliques des aquifères de socle cristallin et cristallophyllien : Cas de la région du N'zi-Comoé (Centre-Est de la Côte d'Ivoire). International Journal of Innovation and Applied Studies, 2 (1): 61-71.
 18. Kouassi, W.F., Kouassi, K.A., Mangoua, M.J., Kamenan, Y.M., & Kouadio, Z.A. (2019). Evaluation des potentialités en eau souterraine de la portion Ivoirienne du bassin versant du Niger. International Journal of Innovation and Applied Studies, 25(2): 774-784.
 19. Koudou, A., Assoma, T.V., Adiaffi, B., Youan Ta, M., Kouame, K.F., & Lasm, T. (2014). Analyses statistique et géostatistique de la fracturation extraite de l'imagerie asar envisat du sud-est de la Côte d'Ivoire. Larhyss Journal, 20 : 147-166.

20. Lasm, T. (2000). Hydrogéologie des réservoirs fracturés de socle : Analyse statistique de la fracturation et des propriétés hydrodynamiques. Application à la région des montagnes de Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université de Poitiers, 272p.
21. Lasm, T., Kouamé, K.F., Soro, N., Jourda, J.P.R., & Biémi, J. (2004). Analyse géostatistique de la fracturation extraite de l'imagerie spatiale aéroportée et satellitaire. Application à la région de Man-Danané (ouest de la Côte d'Ivoire), *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologiques*, n°5 : 135- 154.
22. Magesh, N. S., Chandrasekar, N., & Soundranayagam, J. P. (2012). Delineation of groundwater potential zones in Theni district, Tamil Nadu, using remote sensing, GIS and MIF techniques. *Geoscience Frontiers* 3(2) :189-196. doi:10.1016/j.gsf.2011.10.007
23. Mangoua, M.J. (2013). Evaluation des potentialités et de la vulnérabilité des ressources en eau souterraine des aquifères fissurés du bassin versant de la Baya (Est de la Côte d'Ivoire). Thèse Unique de Doctorat, Université d'Abobo-Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 171p.
24. Miyouna, T., Bazebizonza Tchiguina, N.C., Essouli, F.O., Kempena, A., Nkodia, H.M.D.V., & Boudzoumou, F. (2020). Cartographie par traitement d'image satellitaire des linéaments du groupe de l'Inkisi en République du Congo : implications hydrogéologique et minière, *Afrique SCIENCE* 16(4) : 68 – 84.
25. N'guessan, K.A., Kouassi, A.M., Gnaboa, R., Traoré, K.S., & Houenou, P.V. (2014). Analyse de phénomènes hydrologiques dans un bassin versant urbanisé : cas de la ville de Yamoussoukro (Centre de la Côte d'Ivoire). *Larhyss Journal*, 17: 135-154.
26. Ndatuwong, L. G. & Yadav, G. S. (2014). Integration of Hydrogeological Factors for Identification of Groundwater Potential Zones Using Remote Sensing and GIS Techniques. *Journal of Geosciences and Geomatics*, 2 (1): 11-16. doi:10.12691/jgg-2-1-2
27. Oikonomidis, D., Dimogianni, S., Kazakis, N., & Voudouris, K. (2015). A GIS/Remote Sensing-based methodology for groundwater potentiality assessment in Tirnavos area, Greece. *Journal of Hydrology*, 525: 197–208.
28. Onetie, O. Z., Kouadio, A.K. S., Coulibaly, A., Orou, K.R., Fossou, M. R., & Baka, D. (2020). Cartographie des reseaux de fractures de la région de Gagnoa (Centre-Ouest De La Cote D'ivoire). *Global Journal of Science Frontier Research: H Environment & Earth Science*, Vol. 20, 6 (1):53-67.

29. Ouattara, G.S., Dibi, B., & Mangou, O.M.J. (2021). Contribution of RADARSAT-1 Images to Structural Geological Mapping and Lineament Density Assessment in the Lobo River Watershed at Nibéhibé (Centre-West, Côte d'Ivoire). *European Journal of Environment and Earth Sciences*, 2(4) : 15-20. DOI: <http://dx.doi.org/10.24018/ejgeo.2021.2.4.147>
30. Oularé, S., Kouamé, A. K., Saley, M. B., Ake, G. E., Kouassi, M. A., Adon, G. C., Kouamé, F. K., & Therrien, R. (2016). Estimation de la conductivité hydraulique des zones discrètes de réseaux de fractures à partir des charges hydrauliques : application au bassin versant du N'zo (ouest de la Côte d'Ivoire). *Revue des sciences de l'eau*, 29(3) : 279–301. <https://doi.org/10.7202/1038928a>
31. Oussou, F. E., Oloukoï, J., Awolowo, O., Yalo, N., & Boukari, M. (2019). Analyse Spatiale du Potentiel en eau Souterraine dans le Bassin du Zou au Sud du Benin (Afrique de L'ouest). *European Scientific Journal* September 2019 edition ,15(27) : 402-425
32. PRICI (2016). *Projet de Renaissance des Infrastructures de Côte d'Ivoire. Rapport final du cadre de gestion environnementale et sociale, Côte d'Ivoire, 203p.*
33. Razack, M. (1984). *Application des méthodes numériques et statistiques à l'identification des réservoirs fissurés carbonatés en hydrogéologie. Thèse de doctorat d'état ès Sciences Naturelles, Université Languedoc, Montpellier, France, 384p.*
34. Savane, I. (1997). *Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des aquifères discontinus du socle cristallin d'Odienné (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). Apport de la télédétection et d'un système d'information hydrogéologique à référence spatiale. Thèse Doctorat d'Etat ès-sciences naturelles, Université de Cocody, 322p.*
35. Soro, G. (2010). *Evaluation quantitative et qualitative des ressources en eaux souterraines dans la region des lacs (centre de la côte d'ivoire) : hydrogeologie et hydrochimie des aquifères discontinus du district de yamoussoukro et du departement de Tiébissou. Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire), 254p.*
36. Soro, G., Soro, N., Ahoussi, K.E., Lasm, T., Kouamé, F.K., Soro, T.D., & Biémi, J. (2010). Evaluation des propriétés hydrauliques des aquifères fracturés des formations cristallines et métamorphique dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire). *Estudios Geológicos*, 66(2) : 227-242.
37. Yacé, I. (1976). *Le volcanisme éburnéen dans les parties centrales et méridionales de la chaîne précambrienne de Fétékro en Côte d'Ivoire.*

- Thèse de Doctorat, Université de Cocody (d'Abidjan, Côte d'Ivoire), 373p.
38. Yao (2015). Evaluation des potentialités en eau du bassin versant de la Lobo en vue d'une gestion rationnelle (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse unique de Doctorat, Université Nangui Abrogoua, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 225p.
 39. Yao, K. A., Kouassi, A. M., Koffi, Y. B., & Biemi, J. (2010). Caractérisation hydrodynamique et hydrogéochimique des aquifères fissurés de la région de Toumodi (centre de la Côte d'Ivoire). *Journal of Environmental Hydrology*, 18 (26): 1-15.
 40. Yao, K. T., Oga, M.S., Kouadio, K. E., Fouché, O., Ferriere, G., & Pernelle, C. (2014). Rôle hydrogéologique des linéaments structuraux en milieu cristallin et cristallophyllien : cas du bassin versant du Sassandra, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE* 10(4) : 78 - 92
 41. Yao, T. K., Fouché-Grobla, O., Oga, M.S.Y., & Assoma, V.T. (2012). Extraction de linéaments structuraux à partir d'images satellitaires, et estimation des biais induits, en milieu de socle précambrien métamorphisé. *Revue Télédétection*, 10 (4) : 161-178.



Effectiveness of Neem Oil and Jatropha Oil in Controlling *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith) on Maize in the Republic of Chad

Mbaidiro Taambaijim'd Josue

Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement, ITRAD, N'Djamena, Tchad. Université de Parakou, École Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau, Parakou, République du Bénin. Faculté d'Agronomie. Laboratoire de Phytotechnie, d'Amélioration et de Protection des Plantes (LaPAPP) ; Université de Parakou, République du Bénin

Onzo Alexis

Université de Parakou, École Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau, Parakou, République du Bénin. Faculté d'Agronomie. Laboratoire de Phytotechnie, d'Amélioration et de Protection des Plantes (LaPAPP) ; Université de Parakou, République du Bénin

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p223](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p223)

Submitted: 10 March 2022
Accepted: 07 September 2022
Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)
Under Creative Commons BY-NC-ND
4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Mbaidiro T.J. & Onzo A. (2022). *Effectiveness of Neem Oil and Jatropha Oil in Controlling Spodoptera frugiperda* (J.E Smith) on Maize in the Republic of Chad. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 223. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p223>

Abstract

Upon the evidence of its invasion in Chad in 2018, *Spodoptera frugiperda* has become a serious threat to maize production, thereby prompting farmers to a massive use of chemical pesticides to reduce its damage. However, given the adverse negative effects of chemical pesticides on human health and the environment, alternatives to chemical control are highly sought. In that respect, the effectiveness of Neem oil and Jatropha oil, two bio pesticides widely acknowledged for their insecticidal properties, was evaluated in the field in comparison with the chemical insecticide, Emamectin benzoate, in a Fisher Blocks design with 4 treatments and 4 replicates. The mean larval density per 25 plants was significantly the lowest ($P < 0.0001$) on Emamectin benzoate-treated plants (1.13 ± 0.70), followed by Jatropha oil (6.13 ± 0.87) and Neem oil treatments (7.13 ± 0.80) while the highest density

was recorded on the untreated plants (12.31 ± 0.87). Similarly, the infestation rates were significantly lower on plots that received the chemical insecticide or the bio pesticides compared to the control plots ($P < 0.0001$). Foliar and ear damage scores were also significantly lower on the treated than on the control plots ($P < 0.0001$); and the number of ears attacked was significantly higher on the untreated control than on the other treatments. Maize grain yields were significantly higher in the treated plots compared to the control plots ($P < 0.001$). Yield gains over the control were 132.57%, 90.91% and 72.73% respectively for Emamectin benzoate, Jatropha oil and Neem oil treatments. It appears, therefore, that the use of Jatropha oil or Neem oil could significantly contribute to an effective and sustainable management of *S. frugiperda* on maize in Chad, thereby calling for the need for further investigations in that area in the frame of integrated pest management of this pest..

Keywords: Fall armyworm, *Zea mays*, *Azadirachta indica*, *Jatropha curcas*, biopesticides, sustainable pest management

Introduction

The Fall Armyworm (FAW), *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), is a polyphagous pest native to tropical and subtropical regions of the Americas that attacks more than 80 plant species including maize, sorghum, sugar cane and some vegetable crops (Rwomushana *et al.*, 2018). Its presence has been confirmed in 44 African countries, with maize as its main host-plant in Sub-Saharan Africa (Prasanna *et al.*, 2018). In the Republic of Chad (Central Africa), its presence was confirmed in 2018 following its devastating impact, mainly on maize, throughout the majority of the provinces (FAO, 2018). This field infestation by *S. frugiperda* threatens food security in Chad, as it does in many other African countries, given its high potential for dispersal (Kansiime *et al.*, 2019). As it generally happens at the discovery of an invasive agricultural pest, the first control strategy used by farmers was massive applications of chemical insecticides (Cook *et al.*, 2004; Agboyi *et al.*, 2019). However, the indiscriminate use of these chemical insecticides often leads to negative effects such as induction of pest resistance, elimination of natural enemies and the presence of toxic substances (residues) in food, water, air and soil; which can affect human health and pollute the environment (Kishi, 2005; Williamson *et al.*, 2008). It, therefore, urges to find alternatives to chemical control, at least as a key component of an integrated control strategy against FAW (FAO, 2018).

To this end, botanical extracts have long been proposed as alternatives to synthetic pesticides in pest management because of their low cost that make them economically affordable; they are ecofriendly since they are

biodegradable and generally target-specific (Sisay *et al.*, 2019). Moreover, botanical extracts are essentially nontoxic and non-pathogenic to animals and humans (Miresmailli and Isman, 2014; Stevenson *et al.*, 2017). Therefore, the use of plant-based pesticides has become a major asset in plant protection that has shown its effectiveness in the management of diverse crop pests (Bateman *et al.*, 2018; Sisay *et al.*, 2019). In that respect, many plant species have shown insecticidal properties against FAW in several parts of the world. Such plant species include, among others, *Azadirachta indica* (Silva *et al.*, 2015; Stevenson *et al.*, 2017; Sisay *et al.*, 2019), *Jatropha curcas* L (Sisay *et al.*, 2019), *Melia azedarach* L (Santos *et al.*, 2008; Bullangpoti *et al.*, 2012). More specifically in the Republic of Chad, there is a wide range of opportunities linked to plant diversity that would be worth testing and promoting within the framework of alternative methods for controlling crop pests. As example, Neem (*A. indica*) and *Jatropha* (*J. curcas*) are plant species available in Chad; however, no studies have been conducted to evaluate their potentials against FAW. The objective of the present study was, therefore, to evaluate the effectiveness of Neem oil and *Jatropha* oil in controlling *S. frugiperda*, in comparison with Emamectin of benzoate, a chemical insecticide widely acknowledged as effective against the pest (Deshmukh *et al.*, 2020), and commonly used by maize growers.

1. Materials and methods

1.1. Study site

The study was carried out at the Agronomic Research Station of Bébédjia (8° 40' 34' N; 16° 33' 58' E; 397 m of altitude). This station is located in the Southern part of Chad, at c.a. 524 km south of N'Djamena the capital city. It prevails in this area a Sudanian tropical climate characterized by the alternation of a rainy season (4 to 5 months) which extends from April to October and a dry season (7 to 8 months) which runs from November to March. The average annual rainfall ranged between 600 mm and 1200 mm. During the study period, the average monthly rainfall collected was 81.78 mm and the average temperature varied between 23.62°C and 35.07°C with the minimum in August and the maximum in October. Relative humidity during the study period varied between 79 % and 86% with an average of 82 ± 1.64 %.

1.2. Study materials

Spodoptera frugiperda was the study insect, whereas the maize variety 'TZEEW' known as susceptible to FAW in Chad (Mbaidiro *et al.*, 2021) constituted the plant material.

The pesticides tested included:

- Neem oil, a bio-pesticide applied at the dose of 1.4L/ha (Kammo *et al.*, 2019);
- Jatropha oil, a bio-pesticide applied at the dose of 1.25 L/ha (Abdoul Habou *et al.*, 2013); and
- Emacot 19 EC (Emamectin benzoate 19 g/L), a chemical insecticide, applied at the dose of 0.6 L/ha (manufacturer's recommendation).

1.3. Experimental setup

The experimental plots were tilled to a 15-20 cm-depth, and harrowed to prepare the seedbed. Maize was sown on July 12, 2021 at the rate of 3 seeds per seed hole with a spacing of 0.60 m x 0.40 m, after a rainy day of at least 20 mm rainfall. A first weeding was carried out 14 days after plant emergence and a second occurred 21 days after the first. The chemical fertilizer N, P, K (20-10-10) for cereals was applied as the basal dressing fertilizer, at the dose of 150 kg/ha. It was buried in furrows, dug at 10 cm from the seed line. Urea was applied as a cover fertilizer in two sets at the dose of 25 kg/ha, when maize plants have developed the 10th leaf and at tasseling, respectively.

The experiments were set up following a randomized complete block design (RCBD), with 4 treatments and 4 replicates. Each block contained four elementary plots (totaling 16 plots), separated from each other by a 1.5 m-buffer while a 2 m-buffer separated the blocks. Each elementary plot was 7 m long and 5 m wide and had 13 rows of seedlings. The treatments were as follows: T1- Untreated maize plots (control); T2 - Maize plots treated with Neem oil; T3- Maize plots treated with Jatropha oil, and T4 - Maize plots treated with Emacot (Emamectin benzoate). All the pesticides (chemical and plant extracts) were applied four times at 7-day intervals, from Day 33 to Day 54 after sowing, using a knapsack sprayer. After each application, care was taken to properly wash the sprayer before shifting from one product to another to avoid any contamination, thereby preventing bias in the results.

2. Data collection

2.1. Effect of treatments on the population dynamics of *S. frugiperda*

To evaluate infestation rates and population densities of FAW larvae on each elementary plot, 25 maize plants were randomly selected from the five central rows of each plot. A total of 100 plants were, therefore, sampled per treatment. Samplings were made every 7 days from the 33rd day after sowing until the 54th day after sowing, just before spraying the plot with the corresponding insecticide. On each sampling day and per elementary plot, the number of FAW-infested plants (i.e. maize plants showing any symptoms of FAW attack), were determined. In addition, the number of FAW larvae encountered on the selected plants were also counted. Data collected included the mean densities of FAW-larvae as well as the infestation rate of each plot.

The infestation rate was calculated as the ratio between the number of infested plants (i.e., harboring the pest) and the total number of plants sampled.

2.2. Effect of treatments on leaf damage caused by *S. frugiperda*

To evaluate damage caused by the feeding activities of FAW larvae, sampling was carried out on 25 maize plants randomly selected from each elementary plot. To achieve this, 5 plants were observed on each of the 5 central rows of each elementary plot. On each sampling day, the number of maize plants bearing freshly consumed leaves and/or with dead hearts was determined. The extent of the pest damage to maize stalks, and/or leaves was also recorded. Damage level was scored following a scale of 0 to 4, modified from the 0 to 9 scale developed by Davis *et al.* (1992). Damage levels were then ranked as follows: 0 = zero damage; 1 = 1% to 25% damaged; 2 = 25% to 50% damaged; 3 = 50% to 75% damaged; and 4 = dead hearts (75% to 100%); This scale is the one generally used for research purposes by researchers, including for testing the efficacy of phytosanitary treatments (Toepfer *et al.*, 2021).

2.3. Effect of treatments on cob damage by *S. frugiperda*

The extent of cob damage was assessed using the 0-9 scale from CYMMIT (2020), unpublished protocol (Table 1; Figure 1). Sampling was carried out on 25 plants randomly selected from the five central rows of each elementary plot. The number of cobs attacked and the overall cobs damage index were determined and recorded per elementary plot. It has indeed been shown from recent studies that the invasive *S. frugiperda* exhibited a clear competitive advantage over other resident stemborers within maize cropping systems, thereby quickly excluding the latter through several mechanisms including intraguild predation (Mutua *et al.*, 2022). Therefore, where *S. frugiperda* is present, damages can almost exclusively be attributed to that invasive pest

Table 1. Scale of damage of *S. frugiperda* to maize cobs
(Source: CYMMIT 2020, unpublished protocol)

Score	Damage symptoms / description
1	No damage caused to the cob
2	Damage on a few grains (<5), or less than 5% damage on a cob
3	Damage on a few grains (6 to 15), or less than 10% damage on a cob
4	Damage on 16 to 30 grains, or less than 15% damage on a cob
5	Damage on 31 to 50 grains, or less than 25% damage on a cob
6	Damage on 51 to 75 grains, or more than 35% but less than 50% damage on a cob
7	Damage on 76 to 100 grains, or more than 50% but less than 60% damage on a cob
8	Damage on > 100 grains, or more than 60% but less than 100% damage on a cob
9	Almost 100% damage to a cob

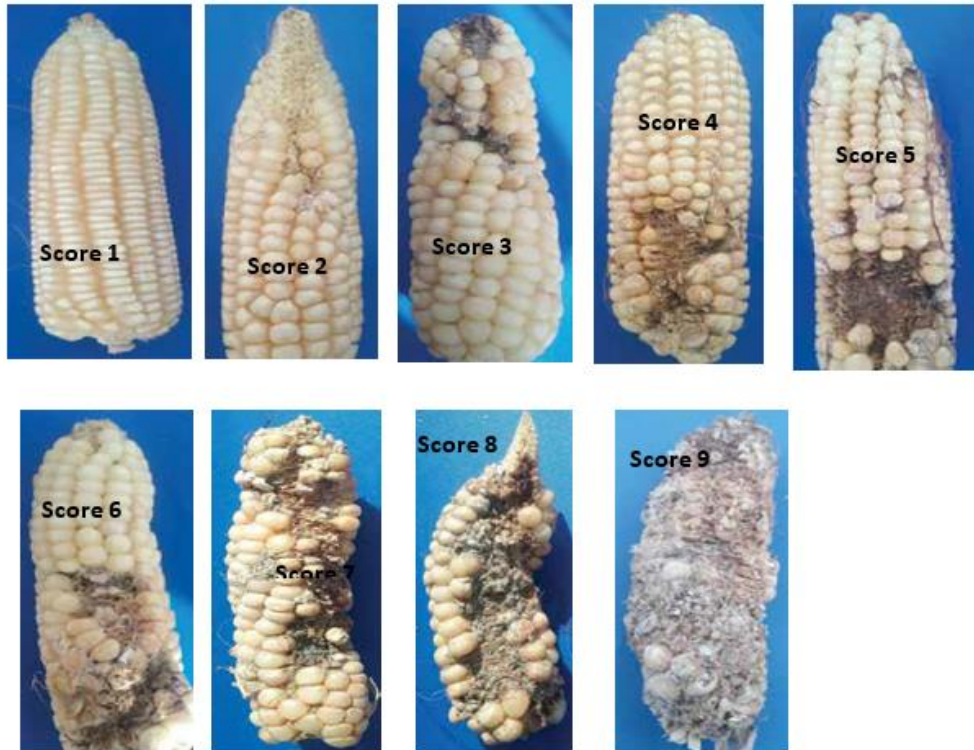


Figure 1. Scale of maize cob damage by *S. frugiperda*

2.4. Effect of treatments on maize yield

At maturity, the grain yield was determined per elementary plot. For that, all maize ears from the five central rows of each elementary plot were harvested, and dried after removing the husk. Cobs were then manually shelled and maize grains dried and weighed using a Steinberg brand electronic balance (300 kg; int. Precision 50 g). The yield obtained from this 21 m² area (i.e. the harvested plot size), was thereafter converted per hectare for clarity and to ease comparisons. The rate of yield increase accrued from each pesticide treatment as compared to the untreated control was calculated as follows:

$$YR (\%) = (YT - YC) \times 100 / YC;$$

where:

- YT: grain yield obtained with a specific pesticide treatment;
- YC: grain yield obtained in the untreated control plot;
- YR: the rate of yield increase.

3. Statistical analyses

Data were compared among treatments to determine the effect of each one on the population size of FAW, and their damage on maize plants and

yield. Comparisons were made using a one-way analysis of variance (ANOVA). For that, all the data were subjected to the Shapiro - Wilk test for normality (Shapiro and Wilk, 1965), and the Levene test for homogeneity of variances before being used in the statistical analysis. To correct for homogeneity of the variances, data on FAW counts were transformed using $\log_{10}(x+1)$, whereas data on proportions were transformed using $\text{Arcsine}\sqrt{(X / 100)}$, before their use in the statistical analyses. When ANOVA revealed significant differences among treatments, means were separated using the Student-Newman-Keuls (SNK) multiple range test. All data analyses were performed using XLSTAT Software, Version 2016.02.27444.

4. Results

4.1. Effect of treatments on the population dynamics of *S. frugiperda*

The temporal trend of *S. frugiperda* densities per 25 maize plants (Table 2), showed high densities of FAW larvae on the 33rd day after sowing (33rd DAS) in all the four treatments. These densities gradually decreased from the 40th DAS to reach their lowest levels at the 54th DAS corresponding to the last sampling day. Mean population densities of *S. frugiperda* larvae ranged from 1.13 ± 0.28 to 12.31 ± 1.36 caterpillars on 25 plants. The analysis of variance revealed a significant influence of treatments on the population density of *S. frugiperda* larvae ($df = 3$, $F = 27.40$, $P = 0.0001$). The Emamectin benzoate (Emacot) treatment harbored the lowest density of larvae per 25 plants (1.13 ± 0.28), followed by the Jatropha oil and Neem oil treatments, with statistically similar densities (Table 2). The highest larval densities were observed on the untreated control, with 12.31 ± 1.36 caterpillars on 25 plants.

Table 2. Mean densities (\pm SE) of *S. frugiperda* caterpillars on 25 plants in each in treatment

Treatment	33 DAS	40 DAS	47 DAS	54 DAS	Overall mean
Control	15.75 ± 3.11 a	12.00 ± 3.55 a	11.25 ± 2.29 a	10.25 ± 1.93 a	12.31 ± 1.36 a
Neem oil	9.75 ± 1.54 a	8.50 ± 0.65 ab	6.00 ± 0.40 b	4.25 ± 0.85 b	7.13 ± 0.70 b
Jatropha oil	9.25 ± 1.03 a	6.50 ± 2.06 ab	4.25 ± 1.31 bc	4.50 ± 0.64 b	6.13 ± 0.80 b
Emamectin benzoate	2.00 ± 0.71 b	1.50 ± 0.64 b	0.75 ± 0.25 c	0.25 ± 0.25 c	1.13 ± 0.28 c
df	3	3	3	3	3
F	9.26	4.33	10.65	10.72	27.40
Pr > F	0.002	0.027	0.001	0.0001	0.0001

In a column, the means followed by the same letter are not statistically different (SNK test).

4.2. Effect of treatments on the infestation of maize plants by *S. frugiperda*

The temporal trend of the infestation of maize plants by FAW on the different treatments (Figure 2) showed that the infestation rate was the highest in all the treatments at the 33rd DAS. It, thereafter, decreased to reach its lowest level over all the treatments on the 54th DAS, corresponding to the last sampling day. On average, the infestation rate varied from $0.50 \pm 0.28\%$ to $50.75 \pm 4.80\%$. The ANOVA revealed a significant influence of the treatments on the infestation rate ($df = 3, F = 18.63, P < 0.0001$). Over the entire experimental period, the untreated control showed the highest average rate of infestation ($29.44 \pm 4.12\%$), while the lowest rate was recorded with Emacot ($3.25 \pm 0.84\%$). In the plots treated with *Jatropha* oil ($13.00 \pm 8.54\%$) or *Neem* oil ($14.06 \pm 10.33\%$), infestation rates were moderate and statistically similar (Figure 2).

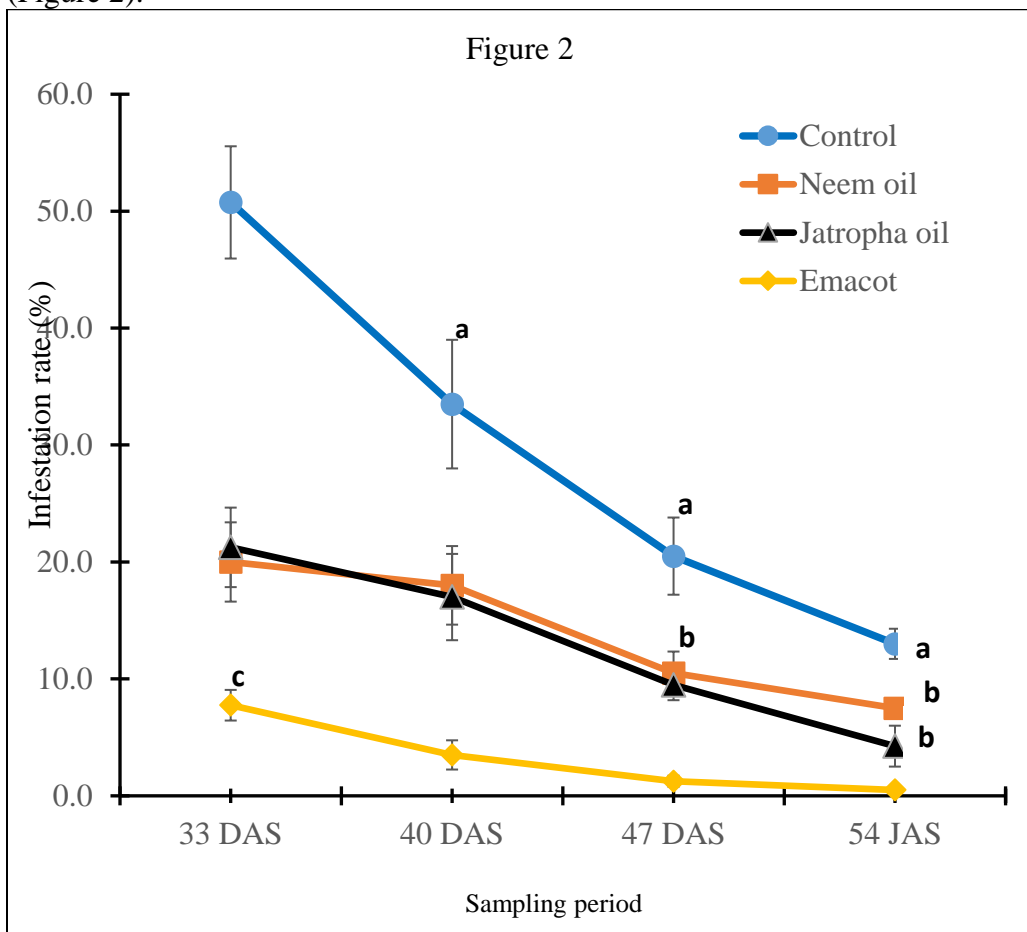


Figure 2. Infestation rate by *S. frugiperda* on the different treatments

4.3. Effect of treatments on leaf damage by *S. frugiperda*

In all the treatments, the leaf damage index was high at the 33rd DAS and declined gradually to reach its lowest value at the 54th DAS, corresponding to the last assessment (Figure 3). Mean leaf damage level scores ranged from 0.50 ± 0.28 to 3.25 ± 0.25 , corresponding, respectively to the Emacot and control treatments. The analysis of variance revealed a significant among-treatment differences ($df = 3, F = 15.27, P < 0.0001$) with the highest damage in the control treatment while the lowest damage was observed in the Emacot treatment. However, no significant differences were observed among the two biopesticides and the chemical pesticide treatments (Figure 3).

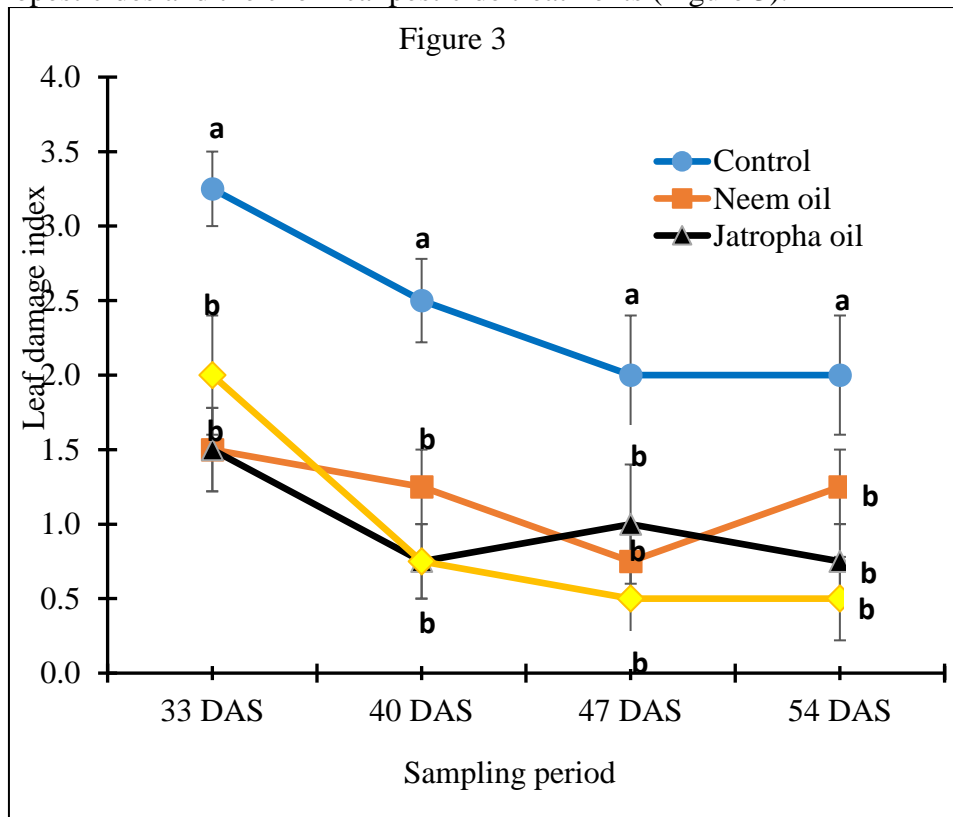


Figure 3. Evolution of leaf damage score caused by *S. frugiperda*

4.4. Effect of treatments on *S. frugiperda* damage to maize cobs

The mean number of cobs attacked over 25 maize plants varied from 2.50 ± 0.28 to 11.75 ± 1.97 per elementary plot (Table 3). The analysis of variance revealed a significant among-treatment differences in the number of cobs damaged by the pest ($df = 3, F = 10.50, P < 0.001$). The control treatment harbored the highest number of damaged cobs (11.10 ± 1.29), while the lowest number was recorded in the Emamectin benzoate treatment, followed by the Jatropha oil and Neem oil treatments. As for the damage index on the cob, it

varied from 1.00 ± 0.00 to 4.25 ± 0.47 , with the highest index recorded in the untreated control treatment ($df = 3$, $F = 20.79$, $P < 0.0001$). Emamectin benzoate and Jatropha oil treatments recorded the lowest damage indices, followed by the Neem oil treatment.

Table 3. Effect of treatments on cobs damage by *S. frugiperda*

Treatment	Number of cobs attacked/25 plants	Maize cob's damage score
Control	11.75 ± 1.97 a	4.25 ± 0.47 a
Neem oil	8.00 ± 0.71 b	2.50 ± 0.28 b
Jatropha oil	6.75 ± 1.03 b	1.50 ± 0.28 c
Emamectin benzoate	2.50 ± 0.28 c	1.00 ± 0.00 c
Df	3	3
F	10.50	20.79
Pr > F	0.001	0.0001

In a column, the means followed by the same letter are not statistically different (SNK test).

4.5. Effect of treatments on cob weight, grain yield and yield increase

Over all the treatments, mean cob weight per 25 maize plants ranged from 2.38 ± 0.49 kg to 4.28 ± 0.20 kg (Table 4). The ANOVA revealed a significant among-treatment differences ($df = 3$, $F = 5.91$, $P < 0.010$). The untreated control had the lowest cob weight per 25 plants. The estimated maize grain yield varied from 785.71 ± 30.73 Kg/ha to 1827.38 ± 235.57 Kg/ha. The ANOVA revealed a significant impact of the treatments on grain yield ($df = 3$, $F = 10.47$, $P < 0.001$). The lowest yield was recorded on the untreated control while the highest yields were obtained, respectively, with Emamectin benzoate, Jatropha oil and Neem oil treatments, with no significant differences among these three treatments (Table 4). Maize yield gains accrued from the pesticide treatments in comparison to the untreated control treatment were 132.57%, 90.91% and 72.73%, respectively for Emamectin benzoate, Jatropha oil and Neem oil (Table 4).

Table 4. Impact of treatments on cobs weight, the grain yield and the gain in grain yield of maize

Treatment	Cobs weight (Kg/25plants)	Grain yield (Kg/ha)	Grain yield increase (% control treatment)
Emamectin Benzoate	4.28 ± 0.20 a	1827.38 ± 235.57 a	132.57
Jatropha oil	3.63 ± 0.20 a	1500.00 ± 68.73 a	90.91
Neem oil	3.95 ± 0.37 a	1357.14 ± 105.58 a	72.73
Control	2.38 ± 0.49 b	785.71 ± 30.73 b	-
Df	3	3	-
F	5.91	10.47	-
Pr > F	0.010	0.001	-

In a column, the means followed by the same letter are not statistically different (SNK test).

5. Discussion

The present study is a prerequisite for the development of alternative methods to the chemical control of *S. frugiperda* in the Republic of Chad, and hopefully in many other maize growing countries. It appears from the results of this study that the application of Neem oil or Jatropha oil against this key maize pest could well replace Emamectin Benzoate, a chemical insecticide commonly acknowledged as effective against the pest (Deshmukh *et al.*, 2020). Indeed, densities of *S. frugiperda* larvae, infestation rates of maize plots as well as damages caused to maize leaves and cobs by *S. frugiperda* were significantly lower in the Emamectin benzoate, Neem oil and Jatropha oil treatments than in the control treatment. Moreover, Emamectin Benzoate outcompeted the biological pesticides in only few of the maize growth parameters evaluated.

Indeed, it results from this study that Neem oil and Jatropha oil significantly reduced the density of the pest's larvae, its infestation rate, leaf damage and damage to the ears, thereby generating a considerable yield increase although slightly lower than that obtained with Emamectin benzoate. The effectiveness of neem extracts has already been reported by several authors in the management of more than 400 pest species on which they act mainly as insecticide, or have deterrent, anti-ovipositional, antifeedant, growth-disrupting (growth-regulating), fecundity- and fitness-reducing properties on insect pests (Schmutterer, 1990; Isman, 1999; Erler *et al.*, 2010). More specifically, Sisay *et al.* (2019), showed in both laboratory and field trials, the efficacy of wettable powder of neem seed (applied in 5% water) against *S. frugiperda*. Likewise, Neem oil has also been reported by several other authors as effective in controlling *S. frugiperda* (Adeye *et al.*, 2018; Duarte *et al.*, 2019; Phambala *et al.*, 2020; Aniwanou *et al.*, 2021). The efficacy of Neem extracts on *S. frugiperda* and other insect pest species is linked to its biochemical composition that includes substances toxic to the targeted pests (Medina *et al.*, 2003; Rakshit *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2010; Insanu *et al.*, 2013; Dono *et al.*, 2020). These substances generally, have deterrent and antifeedant properties on *S. frugiperda* larvae (Nesseim *et al.*, 2012; Okumu *et al.*, 2007). Likewise, several authors reported that incorporating Neem oil into the diet of *S. frugiperda* larvae affects the survival as well as the development of all juvenile stages, even including adult moths (Correia *et al.*, 2013; Duarte *et al.*, 2019). They argued that ingestion of Neem oil affects the immune defense of *S. frugiperda* larvae thereby increasing their mortality.

As for Jatropha oil, its toxicity and insecticidal effects have been reported by several authors on several insect pests such as the diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) (Diabate *et al.*, 2014b), the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrididae) and the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on

tomato plants in Côte d'Ivoire (Diabate *et al.*, 2014 a). Moreover, several studies have demonstrated the insecticidal and deterrent potentials of Jatropha oil or of pure compounds isolated from parts of *J. curcas* plants on insect pests of cowpea stocks (Adebowale and Adedire, 2006), as well as on various other stored grain pests (Silva *et al.*, 2012; Ukpai *et al.*, 2017). In this register, Devappa *et al.* (2012), showed the effectiveness of phorbol esters, extracted from Jatropha oil, in significantly reducing the consumption of maize leaves by third-instar *S. frugiperda* caterpillars. Meanwhile, Adebowale and Adedire (2006), reported anti-ovipositional as well as ovicidal effects of Jatropha oil on the cowpea storage bruchid pest, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). Indeed, they found that Jatropha oil contains sterols and triterpene alcohols that are responsible for its insecticidal properties, and suggested, therefore, its incorporation into grain legume protection programs.

Emamectin benzoate (Emacot 19 EC) used in this study as a positive control is a chemical insecticide acknowledged by several authors as effective against *S. frugiperda* (Deshmukh *et al.*, 2020). This product is authorized for usage in Chad and is frequently used by farmers to control lepidopteran crop pests (CSP, 2018). It is a semi-synthetic insecticide of the Avermectins family, resulting from the natural fermentation of abamectin produced by *Streptomyces avermitilis* which belongs to the most profuse group of microorganisms in soil: the *Actinomycetes*. They are aerobic and Gram-positive bacteria, with anthelmintic and insecticidal potentials (Kuster, 1968; Kim and Goodfellow, 2002).

Emamectin benzoate is used worldwide for its insecticidal and acaricidal properties (Jansson and Dybas, 1998). Deng *et al.* (2020), reported that it could quickly dissipate in the environment when released; it is less toxic to beneficial insects and harmless to human health at the concentration recommended by the manufacturer. Therefore, Emamectin benzoate is considered as an alternative to highly toxic synthetic broad-spectrum pesticides. Several authors have demonstrated its efficacy against *S. frugiperda* worldwide including on the African continent (Bonni *et al.*, 2020; Deshmukh *et al.*, 2020; Ahissou *et al.*, 2021; Aniwanou *et al.*, 2021; Dileep Kumar and Murali Mohan, 2021).

Our results also suggest that Emacot 19 EC showed supremacy over the biological pesticides tested, notably, in reducing pest densities and damage to maize plants. However, a careless use of emamectin benzoate could cause environmental pollution and serious harm to other non-target organisms (Deng *et al.*, 2020). Thus, this product is still regarded as at least, moderately toxic or even dangerous compound by the World Health Organization (Wang *et al.*, 2012). It urges therefore, that farmers are sufficiently trained on the ideal way of using this product, or instead, they should safely shift to alternatives such as one of the two biopesticides tested in this study. Indeed, although the maize

yield increase is relatively higher with Emacot 19 EC than in the biopesticide treatments, this gain may not significantly differ from those obtained with Neem oil and Jatropha oil. Similarly, several authors have also reported yield increase of many crops treated with Neem or Jatropha oil to control insect pests (Diabaté *et al.*, 2014a; Kammo *et al.*, 2019; Aniwanou *et al.*, 2021).

Based on our findings, it appears that those two biological products could well be an alternative to Emacot 19 EC in the management of *S. frugiperda* in maize fields in the Republic of Chad. Beside their availability, other advantages accrued from using those biopesticides emerged from their low toxicity to the environment, their biodegradability as well as their compatibility with biological control strategies since they better preserve the natural enemy guild of diverse crop pests, thereby mitigating side effects (Deravel *et al.*, 2014). By virtue of all those positive protective effects, the two biopesticides tested in the present study can safely be incorporated in Integrated Pest Management (IPM) strategies against FAW in Chad and certainly many other countries on the continent.

Conclusion

This study evaluated the effectiveness of Neem and Jatropha oil in the management of *S. frugiperda* in maize fields. The application of these two biopesticides resulted in a significant reduction in the larval density, incidence of attack, leaf damage and ear damages to caused by the fall armyworm. As a result, a notable increase in maize yield was recorded compared to plots that received no pesticide application. Both biopesticides outperformed the untreated control and provided almost as effective control as the chemical insecticide Emacot 19 EC. Although further trials are still needed, the present results clearly indicate that both biopesticides (Neem oil and Jatropha oil) can well be included in the control strategies against *S. frugiperda* as an alternative to harmful chemical control.

Acknowledgment

This work was founded by the Strengthening Agricultural Productivity and Climate Resilience Project (ProPAD). The authors thank the technicians at the research station of Bébédjia for their support in the implementation of the activities related to this study.

References:

1. Abdoul Habou, Z., Toudou, A., Haubruge, E., Verheggen, F., 2013. Insectes ravageurs et propriétés biocides de *Jatropha curcas* L.(Euphorbiaceae) : synthèse bibliographique. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement 17, 604–612.

2. Adebowale, K.O., Adedire, C.O., 2006. Chemical composition and insecticidal properties of the underutilized *Jatropha curcas* seed oil. *African Journal of Biotechnology* 5, 901–906.
3. Adeye, A.T., Sikirou, R., Boukari, S., Aboudou, M., Amagnide, G., Idrissou, B.S., Drissou-Toure, M., Zocli, B., 2018. Protection de la culture de maïs contre *Spodoptera frugiperda* avec les insecticides Plantneem, Lambdace 25 EC et Viper 46 EC et réduction de pertes de rendement au Bénin. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé* 20, 53–65.
4. Agboyi, L.K., Mensah, S.A., Clottey, V.A., Beseh, P., Glikpo, R., Rwomushana, I., Day, R., Kenis, M., 2019. Evidence of leaf consumption rate decrease in fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, larvae parasitized by *Coccygidium luteum*. *Insects* 10, 410.
5. Ahissou, B.R., Sawadogo, W.M., Bokonon-Ganta, A.H., Somda, I., Kestemont, M.P., Verheggen, F.J., 2021. Baseline toxicity data of different insecticides against the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and control failure likelihood estimation in Burkina Faso. *African Entomology* 29, 435–444.
6. Aniwanou, C.T., Sinzogan, A.A., Deguenon, J.M., Sikirou, R., Stewart, D.A., Ahanchede, A., 2021. Bio-Efficacy of Diatomaceous Earth, Household Soaps, and Neem Oil against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae in Benin. *Insects* 12, 18.
7. Bateman, M.L., Day, R.K., Luke, B., Edgington, S., Kuhlmann, U., Cock, M.J., 2018. Assessment of potential biopesticide options for managing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Africa. *Journal of applied entomology* 142, 805–819.
8. Bonni, G., Houndete, T.A., Sekloka, E., Balle, R.A., Kpindou, O.D., 2020. Field and laboratory testing of new insecticides molecules against *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) infesting maize in Benin. *Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research*.
9. Bullangpoti, V., Wajnberg, E., Audant, P., Feyereisen, R., 2012. Antifeedant activity of *Jatropha gossypifolia* and *Melia azedarach* senescent leaf extracts on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and their potential use as synergists. *Pest Management Science* 68, 1255–1264.
10. Cook, D.R., Leonard, B.R., Gore, J., 2004. Field and laboratory performance of novel insecticides against armyworms (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist* 87, 433–439.
11. CSP, 2018. Liste globale des pesticides autorisés par le Comité Sahélien de pesticides.

12. Deng, L., Chen, L., Guan, S., Liu, J., Liang, J., Li, X., Li, Z., 2020. Dissipation of emamectin benzoate residues in rice and rice-growing environments. *Molecules* 25, 483.
13. Deshmukh, S., Pavithra, H.B., Kallelshwaraswamy, C.M., Shivanna, B.K., Maruthi, M.S., Mota-Sanchez, D., 2020. Field efficacy of insecticides for management of invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in India. *Florida Entomologist* 103, 221–227.
14. Devappa, R.K., Angulo-Escalante, M.A., Makkar, H.P., Becker, K., 2012. Potential of using phorbol esters as an insecticide against *Spodoptera frugiperda*. *Industrial Crops and Products* 38, 50–53.
15. Diabaté, D., Gnago, J.A., Tano, Y., 2014. Toxicity, antifeedant and repellent effect of *Azadirachta indica* (A. Juss) and *Jatropha carcus* L. aqueous extracts against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Basic and Applied Scientific Research* 4, 51–60.
16. Dileep Kumar, N.T., Murali Mohan, K., 2021. Variations in the susceptibility of Indian populations of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to selected insecticides. *International Journal of Tropical Insect Science* 1–6.
17. Dono, D., Hidayat, Y., Suganda, T., Hidayat, S., Widayani, N.S., 2020. The toxicity of neem (*Azadirachta indica*), citronella (*Cymbopogon nardus*), castor (*Ricinus communis*), and clove (*Syzygium aromaticum*) oil against *Spodoptera frugiperda*. *CROPSAVER-Journal of Plant Protection* 3, 22–30.
18. Erler, F., Cetin, H., Saribasak, H., Serttas, A., 2010. Laboratory and field evaluations of some botanical pesticides against the cedar leaf moth, *Acleris undulana*. *Journal of Pest Science* 83, 265–272.
19. FAO, 2018. Présence de la chenille légionnaire d’automne au Tchad : la FAO appuie une initiative d’urgence de clarification [WWW Document]. URL <http://www.fao.org/africa/news/detail-news/fr/c/1105351/> (accessed 12.20.21).
20. Insanu, M., Dimaki, C., Wilkins, R., Brooker, J., van der Linde, P., Kayser, O., 2013. Rational use of *Jatropha curcas* L. in food and medicine: from toxicity problems to safe applications. *Phytochemistry reviews* 12, 107–119.
21. Isman, M.B., 1999. Neem and related natural products, in: *Biopesticides: Use and Delivery*. Springer, pp. 139–153.
22. Jansson, R.K., Dybas, R.A., 1998. Avermectins: biochemical mode of action, biological activity and agricultural importance, in: *Insecticides with Novel Modes of Action*. Springer, pp. 152–170.
23. Kammo, E.Q., Suh, C., Mbong, G.A., Djomo, S.H., Chimi, N.L.L., Mbeungang, D.L., Mafouasson, H., Meseka, S., Menkir, A., 2019.

- Biological versus chemical control of fall armyworm and Lepidoptera stem borers of maize (*Zea mays*). *Agronomie Africaine* 31, 187–198.
24. Kishi, M., 2005. The health impacts of pesticides: what do we now know? The pesticide detox: towards a more sustainable agriculture 23–38.
25. Li, C.-Y., Devappa, R.K., Liu, J.-X., Lv, J.-M., Makkar, H.P.S., Becker, K., 2010. Toxicity of *Jatropha curcas* phorbol esters in mice. *Food and Chemical Toxicology* 48, 620–625.
26. Mbaidiro, T.J., Alexis, O., Doyam Nodjasse, A., 2021. Effet de la durée du cycle de développement de quelques variétés de maïs sur leur susceptibilité à *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en zone soudanienne du Tchad. *Journal of Animal & Plant Science* 49, 8856–8865. <https://doi.org/10.35759>.
27. Medina, P., Smagghe, G., Budia, F., Tirry, L., Vinuela, E., 2003. Toxicity and absorption of azadirachtin, diflubenzuron, pyriproxyfen, and tebufenozide after topical application in predatory larvae of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology* 32, 196–203.
- Miresmailli, S., Isman, M.B., 2014. Botanical insecticides inspired by plant–herbivore chemical interactions. *Trends in Plant Science* 19, 29–35.
28. Mutua, J.M., Mutyambai, D.M., Asudi, G.O., Khamis, F., Niassy, S., Jalloh, A.A., Salifu, D., Magara, H.J.O., Calatayud, P.-A., Subramanian, S., 2022. Competitive plant-mediated and intraguild predation interactions of the invasive *Spodoptera frugiperda* and resident stemborers *Busseola fusca* and *Chilo partellus* in maize cropping systems in Kenya. *Insects*, 13, 790. <https://doi.org/10.3390/insects13090790>.
- Nesseim, T.D.T., Fillet, M., Mergeai, G., Dieng, A., Hornick, J.-L., 2012. Principes toxiques, toxicité et technologie de détoxification de la graine de *Jatropha curcas* L. (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 16, 531–540.
29. Okumu, F.O., Knols, B.G., Fillinger, U., 2007. Larvicidal effects of a neem (*Azadirachta indica*) oil formulation on the malaria vector *Anopheles gambiae*. *Malaria journal* 6, 1–8.
30. Phambala, K., Tembo, Y., Kabambe, V.H., Stevenson, P.C., Belmain, S.R., 2020. Bioactivity of common pesticidal plants on fall armyworm larvae (*Spodoptera frugiperda*). *Plants* 9, 112.
31. Prasanna, B.M., Huesing, J.E., Eddy, R., Peschke, V.M., 2018. Fall armyworm in Africa: a guide for integrated pest management.
32. Rakshit, K.D., Darukeshwara, J., Raj, K.R., Narasimhamurthy, K., Saibaba, P., Bhagya, S., 2008. Toxicity studies of detoxified *Jatropha*

- meal (*Jatropha curcas*) in rats. Food and Chemical Toxicology 46, 3621–3625.
33. Rwomushana, I., Bateman, M., Beale, T., Beseh, P., Cameron, K., Chiluba, M., Clotey, V., Davis, T., Day, R., Early, R., 2018. Fall armyworm: impacts and implications for Africa. Fall armyworm: impacts and implications for Africa.
 34. Santos, W.L. dos, Freire, M. das G.M., Bogorni, P.C., Vendramim, J.D., Macedo, M.L.R., 2008. Effect of the aqueous extracts of the seeds of *Talisia esculenta* and *Sapindus saponaria* on fall armyworm. Brazilian Archives of Biology and Technology 51, 373–383.
 35. Shapiro, S.S., Wilk, M.B., 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika 52, 591–611.
 36. Silva, G.N., Faroni, L.R.A., Sousa, A.H., Freitas, R.S., 2012. Bioactivity of *Jatropha curcas* L. to insect pests of stored products. Journal of Stored Products Research 48, 111–113.
 37. Silva, M.S., Broglio, S.M.F., Trindade, R.C.P., Ferrreira, E.S., Gomes, I.B., Micheletti, L.B., 2015. Toxicity and application of neem in fall armyworm. Comunicata Scientiae 6, 359–364.
 38. Sisay, B., Tefera, T., Wakgari, M., Ayalew, G., Mendesil, E., 2019. The efficacy of selected synthetic insecticides and botanicals against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in maize. Insects 10, 45.
 39. Stevenson, P.C., Isman, M.B., Belmain, S.R., 2017. Pesticidal plants in Africa: a global vision of new biological control products from local uses. Industrial Crops and Products 110, 2–9.
 40. Toepfer, S., Fallet, P., Kajuga, J., Bazagwira, D., Mukundwa, I.P., Szalai, M., Turlings, T.C., 2021. Streamlining leaf damage rating scales for the fall armyworm on maize. Journal of Pest Science 94, 1075–1089.
 41. Ukpai, O.M., Ibediungha, B.N., Ehisianya, C.N., 2017. Potential of seed dusts of *Jatropha curcas* L., *Thevetia peruviana* (Pers.), and *Piper guineense* Schumach. against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1855) (Coleoptera: Curculionidae) in storage of corn grain. Polish Journal of Entomology 86, 237.
 42. Wang, L., Zhao, P., Zhang, F., Li, Y., Du, F., Pan, C., 2012. Dissipation and residue behavior of emamectin benzoate on apple and cabbage field application. Ecotoxicology and environmental safety 78, 260–264.
 43. Williamson, S., Ball, A., Pretty, J., 2008. Trends in pesticide use and drivers for safer pest management in four African countries. Crop Protection 27, 1327–1334.
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.04.006>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Caracteristiques Spatio – temporales de la Variabilite Climatique au Benin (Afrique de L'ouest)

Dr. Modoukpè Inès Oyede

Agence Nationale de la Météorologie METEO BENIN, Cotonou, Bénin

Dr. Sylvie Hounzime

Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC),

Université d'Abomey-Calavi, UAC, Bénin

Isidore Agbokou

Centre d'Etudes Diplomatiques et Stratégiques (CEDS), Paris

Agali Alhassane, Maitre de Recherche

Centre Régional Aghrymet, République du Niger

Pr. Dr. Ibouaïma Yabi

Centre Inter-facultaire de Formation et de Recherche en Environnement pour

le Développement Durable (CIFRED),

Université d'Abomey-Calavi, UAC, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p240](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p240)

Submitted: 31 May 2022

Accepted: 30 August 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Ouede M.I., Hounzime S., Agbokou I., Alhassane A. & Yabi I. (2022). *Caracteristiques Spatio – temporales de la Variabilite Climatique au Benin (Afrique de L'ouest)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 240. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p240>

Résumé

L'instabilité climatique se traduit par une variabilité spatiotemporelle des principaux paramètres notamment les précipitations et la température constituent une menace pour le développement durable du Bénin. L'objectif de cet article est d'analyser les principales caractéristiques spatiotemporelles de la variabilité climatique à l'échelle du territoire nationale. Les données utilisées relèvent des six stations synoptiques et concernent les périodes allant de 1960 à 2021. Les indicateurs de la variabilité climatique analysés dans le présent travail sont les précipitations journalières et la température mensuelle. L'indice de précipitation normalisé (SPI) proposé à l'origine par Mckee et al. (1993) est utilisé comme un indice de suivi de la sécheresse et recommandé par l'organisation météorologique mondiale. Le Bénin à l'instar des autres pays de l'Afrique de l'Ouest a connu une variabilité

pluviométrique dans les 60 dernières années. Cette variabilité varie suivant chaque évènement (hauteur de pluie, nombre de jours de pluie, les maximas) enregistré au cours de l'année voir la décennie. Au regard des différentes analyses effectuées, la décennie 1961- 1970 a connu une situation majoritairement excédentaire sur toute la région du sud. Les décennies 1981-1990 puis 1991- 2000 ont enregistré des situations excédentaires très peu significatives dans la Commune de Savè. Les températures enregistrées sont en dessous de la normale (1991-2020) dans la plupart des régions du pays. Les températures extrêmes varient entre 27.8°C et 28°C et concernent les départements du Zou (Bohicon) et de l'Alibori (Kandi). Des situations déficitaires ont été obtenues dans la majeure partie du pays à l'exception du centre Est et courant les périodes 1971 à 2021. Les paramètres agrométéorologiques sont déterminés afin de définir la pertinence des dates de démarrage des saisons et leur impact sur le calendrier agricole au Bénin.

Mots-clés: Bénin, variabilité climatique, réchauffement thermique, instabilité pluviométrique, risques agro-climatiques tendance, impact, saison

Spatio Temporal Characteristics of Climate Variability in Benin (West Africa)

Dr. Modoukpè Inès Oyede

Agence Nationale de la Météorologie METEO BENIN, Cotonou, Bénin

Dr. Sylvie Hounzime

Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC),
Université d'Abomey-Calavi, UAC, Bénin

Isidore Agbokou

Centre d'Etudes Diplomatiques et Stratégiques (CEDS), Paris

Agali Alhassane, Maitre de Recherche

Centre Régional Aghrymet, République du Niger

Pr. Dr. Ibouaïma Yabi

Centre Inter-facultaire de Formation et de Recherche en Environnement pour
le Développement Durable (CIFRED),
Université d'Abomey-Calavi, UAC, Bénin

Abstract

Climatic instability results in spatiotemporal variability of the main parameters, in particular rainfall and temperature, which constitute a threat to the sustainable development of Benin. The objective of this article is to analyze the main spatiotemporal characteristics of climate variability at the scale of the national territory. The data used come from the six synoptic stations and concern the periods from 1960 to 2021. The indicators of climate variability analyzed in this work are daily precipitation and monthly temperature. The normalized precipitation index (SPI) proposed originally by McKee et al. (1993) is used as a drought monitoring index and recommended by the World Meteorological Organization. Benin, like other West African countries, has experienced rainfall variability over the past 60 years. This variability varies according to each event (height of rain, number of rainy days, maxima) recorded during the year or even the decade. In view of the various analyzes carried out, the decade 1961-1970 saw a situation that was mainly surplus throughout the southern region. The decades 1981-1990 then 1991-2000 recorded very insignificant surplus situations in the Commune of Savè. Recorded temperatures are below normal (1991-2020) in most parts of the country. Extreme temperatures vary between 27.8°C and 28°C and concern the departments of Zou (Bohicon) and Alibori (Kandi). Deficit situations were obtained in most of the country with the exception of the eastern center and during the periods 1971 to 2021. The agro-meteorological parameters are determined in order to define the relevance of the start dates of the seasons and their impact on the agricultural calendar in Benin.

Keywords: Benin, climatic variability, thermal warming, rainfall instability, agro-climatic risks trend, impact, season

Introduction

L'Afrique de l'Ouest a connu, depuis le début des années soixante, des périodes de sécheresses significatives, conduisant à une insécurité alimentaire et à une baisse des ressources en eau des populations ouest-africaines (Gowing, 2003). Les questions de variabilité climatiques sont placées depuis quelques temps au centre des préoccupations des scientifiques et des décideurs politico-administratives. Les précipitations et la température représentent des facteurs les plus importants du climat. Cette tendance climatique perturbe les activités économiques agropastorales notamment et menace même l'atteinte des ODD malgré les efforts de développement consentis par les Etats.

La variabilité climatique au Bénin induit une augmentation de la température moyenne, une forte variabilité de la pluviométrie et l'augmentation de l'occurrence des conditions extrêmes telles que les inondations et les sécheresses (Djohy, 2016). Ces modifications du climat engendrent une perturbation des calendriers agricoles dans les différentes régions du Bénin (Ogouwalé, 2006).

Les décennies 1970 et 1980 au Bénin, ont été marquées par une baisse considérable des précipitations (Idani *et al.* 2013) et une sécheresse sévère. Selon Oyédé (2019), la répartition inégale des pluies se traduit entre autres par une diminution du nombre d'événements pluvieux, un nombre élevé des épisodes secs, l'apparition d'événements extrêmes, des débuts tardifs et des fins précoces de pluies dans un contexte de réchauffement thermique. Il s'en suit des inondations, des vents violents, des sécheresses etc., qui affectent la production agricole, les moyens d'existence des communautés et la sécurité alimentaire. Selon ces auteurs, le déficit pluviométrique observé sur plusieurs années consécutives s'est répercuté non seulement sur les activités agricoles mais aussi sur les différents bassins fluviaux du Pays. Ces fluctuations pluviométriques et thermiques ont pour corollaires la perturbation du calendrier agricole et l'insécurité alimentaire. La variabilité climatique s'est donc traduite par une fréquence accrue des événements extrêmes tels que les inondations et les sécheresses (Gautier, 1989). Le Bénin traverse depuis des décennies une tendance climatique marquée par des irrégularités saisonnières, une diminution des hauteurs de pluie, et l'augmentation des températures (Oyédé, 2019). Pour la température plusieurs travaux de recherche (Amoussou, 2016) s'accordent pour dire qu'elle a augmenté ces dernières décennies. Les rapports du GIEC montrent que la température a déjà augmenté de 0,6 °C en Afrique.

D'une manière globale, le Bénin présente des déficits pluviométriques assez significatifs et une augmentation de températures. Bon nombres d'études climatiques réalisées se sont limitées à l'analyse des données pluviométriques mensuelles. De même, des fréquences de jours de pluies et les dates de démarrage des saisons ont été très peu étudiées. C'est ainsi que cette étude permettra d'analyser les paramètres climatiques tels que la température de l'air, les précipitations, la fréquence des jours pluvieux et les caractéristiques agro-météorologiques afin d'étudier leur impact sur les régimes des précipitations.

Le présent article vise donc à actualiser les connaissances sur les caractéristiques spatio-temporelles de la variabilité climatique au Bénin en ciblant les deux principaux paramètres que sont la pluie et la température.

1. Présentation de la zone d'étude

Située en Afrique de l'Ouest entre les latitudes 6°30' et 12°30' Nord et les longitudes 1° et 3°40' Est, la République du Bénin (figure 1) couvre une superficie de 114.763 km² avec une population d'environ 10.008.749 habitants (RGPH4, 2013). Administrativement, le Bénin compte actuellement douze (12) départements (Littoral, Atlantique, Ouémé, Plateau, Mono, Couffo, Borgou, Alibori, Donga, Zou, Collines, Atacora) subdivisés en 77 Communes. Le Bénin est situé dans une zone intertropicale, son climat est fortement influencé par la Mousson Ouest Africaine (MOA). Au sud où prédomine le régime de mousson (vents humides du sud-ouest), le climat est du type subéquatorial caractérisé par deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. L'influence de la mousson est plus modérée dans le nord du pays caractérisé par (i) des masses d'air sec de l'alizé saharien séjournant plus longtemps au cours de leur mouvement vers les zones septentrionales de la sous-région ouest africaine, (ii) les masses d'air humides atteignent la latitude maximale habituellement en août, mois à partir duquel elles amorcent une régression et cèdent place à l'alizé du nord-est (harmattan). C'est cette dynamique qui confère à cette région, un climat de type tropical continental avec la succession d'une seule saison pluvieuse et d'une seule saison sèche dans l'année. Un climat de transition est observé entre les latitudes 7°N et 8°30'N où, selon les années, le régime pluviométrique est bimodal comme au sud ou monomodal comme au nord du pays, avec une pluviométrie moyenne annuelle variant entre 1000 et 1200 mm. Le Bénin dispose de cinq groupes de sols (ferrugineux, peu évolués, ferralitiques, hydromorphes, vertisols) qui sont formés sur les roches sédimentaires au Sud, cristallines au Centre et au Nord, et sur des dépôts alluviaux ou marins dans les milieux intra-zonaux (Amadji, 2016).

L'Agriculture occupe une place prépondérante dans le développement socio-économique du pays. La figure ci-dessous présente la situation géographique du Bénin.



Figure 1. Situation géographique du Bénin

2. Approche méthodologique

L'approche méthodologique utilisée est axée sur la collecte des données, leur traitement et l'analyse des résultats. La normale climatologique utilisée dans le cadre de cette étude est 1990-2020.

2.1 Données utilisées

Les données utilisées concernent la pluie la température pour la période allant de 1960 à 2021. Elles sont extraites de la base de l'Agence Béninoise de Météorologie (Météo-Bénin) et intéressent les six (06) stations synoptiques du Bénin (voir tableau 1).

Tableau 1. Stations synoptiques dont les données sont utilisées

Stations	Longitude (E)	Latitude (N)	Période concernée
Cotonou	2.38	6.35	1960- 2021
Bohicon	2.06	7.20	1960- 2021
Savè	2.46	8.03	1960- 2021
Parakou	2.6	9.35	1960- 2021
Kandi	2.93	11.13	1960- 2021
Natitingou	1.38	10.31	1960- 2021

2.2 Méthodes de traitement et d'analyse des données

2.2.1 Mise en évidence de la variabilité des valeurs de températures

La température est une composante fondamentale de la variabilité climatique. Cette température de l'air a été analysée à partir de statistique descriptive (valeurs moyennes) et de représentations graphiques. Cette analyse a été effectuée à partir des six (06) stations synoptiques du Bénin, ce qui a permis de comprendre la variation interannuelle de la température. En effet, ces températures ont une influence sur les précipitations d'une région à une autre. La température centrée réduite est calculée à l'aide de la formule :

$$I = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

Avec : x_i = température de l'année i ; \bar{x} et σ respectivement la moyenne et l'écart-type de la température moyenne interannuelle sur la période de référence (1990-2020). Ces indices de températures calculés ont permis de déterminer l'évolution thermométrique sur la période d'étude 1960-2021. La courbe de tendance a permis de déterminer la **moyenne mobile** qui est un outil d'analyse très simple permettant de mettre en place et **d'anticiper les retournements de tendances**.

2.2.2 Analyse de la variabilité pluviométrique

➤ Cartographie des indices pluviométriques

Cet indice mesure l'écart par rapport à une moyenne établie sur une longue période en se référant aux données stations. Il est utilisé pour analyser les périodes humides et sèches. Aussi, permet non seulement de générer la fréquence de chaque catégorie et de détecter les extrêmes. Il se définit comme une variable centrée réduite exprimée par l'équation 1 (Servat *et al.* 1998) :

$$I = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \tag{1}$$

Avec : x_i = observation pour l'année i ; \bar{x} = *moyenne de la série et σ = écart type ou déviation standard de la série.* Cette cartographie a été réalisée à base du logiciel Surfer.

➤ **Variabilité des jours de pluie**

La fréquence des jours de pluie permet d'aborder les aspects de déficits et /ou des excédents pluviométriques saisonniers et annuels ainsi que sur les changements susceptibles d'affecter l'évolution des précipitations. En effet, ces déficits s'expliquent par la diminution de la fréquence des précipitations conformément au seuil définis. Toutefois, la caractérisation des régimes pluviométriques ne peut donc se limiter à une analyse statistique simple de cumuls pluviométriques.

Le test bilatéral des séries temporelles de Mann-Kendall a été appliqué pour analyser les tendances sur les données historiques. Il a été appliqué pour déterminer la p-value, avec une correction de continuité. Les tendances sont mises en évidence par une droite de régression de type affine:

$$y = ax + b;$$

Elle est obtenue par le calcul de la pente qui est un coefficient directeur:

- Si $a > 0$: tendance vers une augmentation;
- Si $a < 0$: tendance vers une diminution;
- Si $a > 0$ ou $a < 0$:

l'application du test de Tendance de significativité de Mann Kendall et de correction de la pente de Sen est nécessaire à l'aide d'une démarche statistique ou d'une application (Doukpolo, 2013).

Tau de Kendall	1.000
S	435.000
Var(S)	0.000
p-value (bilatérale)	< 0.0001
alpha	0.99

La p-value est calculée suivant une méthode exacte. Etant donné que la p-value calculée < au niveau de signification $\alpha = 0.99$.

H_0 : Il n'y a pas de tendance dans la série

H_a : Il existe une tendance dans la série

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0.01%.

2.2.3 Analyse de la variabilité intra-saisonnière des pluies

Calcul des paramètres agro-climatiques

Ces paramètres sont calculés sur la base des critères consensuels utilisés lors des forums des Prévisions Saisonnières Agro-hydro-climatiques pour les zones Soudanienne et Sahélienne (Seydou et al, 2021).

- ***Date de début des saisons pluvieuses***

Le critère utilisé pour les pays soudano-sahéliens consiste à considérer la DDS, lorsqu'après le 15 mars, un cumul pluviométrique d'au moins 20 mm est enregistré en un à trois jours consécutifs, sans qu'il ne soit observé un épisode sec de plus de 20 jours dans les 30 jours qui suivent (Agali 2013). Pour les stations situées au Nord de l'isohyète 400 mm, le début de la saison est détecté lorsqu'une quantité de pluie de 15 mm est obtenue, à partir du 1er mai, en un à trois jours consécutifs sans un épisode sec de plus de 20 jours dans les 30 jours qui suivent. Pour les parties Nord des pays du Golfe de Guinée à régime pluviométrique monomodal (latitude > 8°N), la DDS est obtenu lorsqu'à partir du 15 mars une pluie d'au moins 20 mm est enregistré en un à trois jours consécutifs, sans épisode sec de plus de 10 jours dans les 30 jours qui suivent (Oyédé 2018).

- ***Date de fin des saisons pluvieuses***

Au sud du pays, la DFS est observée lorsqu'après le 1er septembre quand un sol capable de contenir 70 mm d'eau s'assèche suite à une évapotranspiration quotidienne de 5 mm (Agali 2013). Dans le Nord, la fin de la saison est observée lorsqu'à partir du 1er octobre, un sol capable de contenir 70 mm d'eau est complètement épuisé suite à une évapotranspiration journalière de 4 mm

- ***Séquences sèches en début de saison***

C'est le nombre de jours secs consécutifs le plus long pendant les 50 jours après la date de début de la saison.

- ***Séquences sèches en fin de saison***

Les séquences sèches les plus longues vers la fin de la saison, c'est-à-dire sur la période prenant en compte les phases critiques d'épiaison-floraison et de maturation des cultures, se calculent à partir du 50^{ème} jour après la date calculée de début de saison jusqu'à la date de fin de la saison (Agali 2013).

3. Résultats et discussions

3.1 Anomalies centrées réduites des températures au Bénin

La figure 2 présente les anomalies centrées réduites des températures allant de 1960-2021 au Bénin.

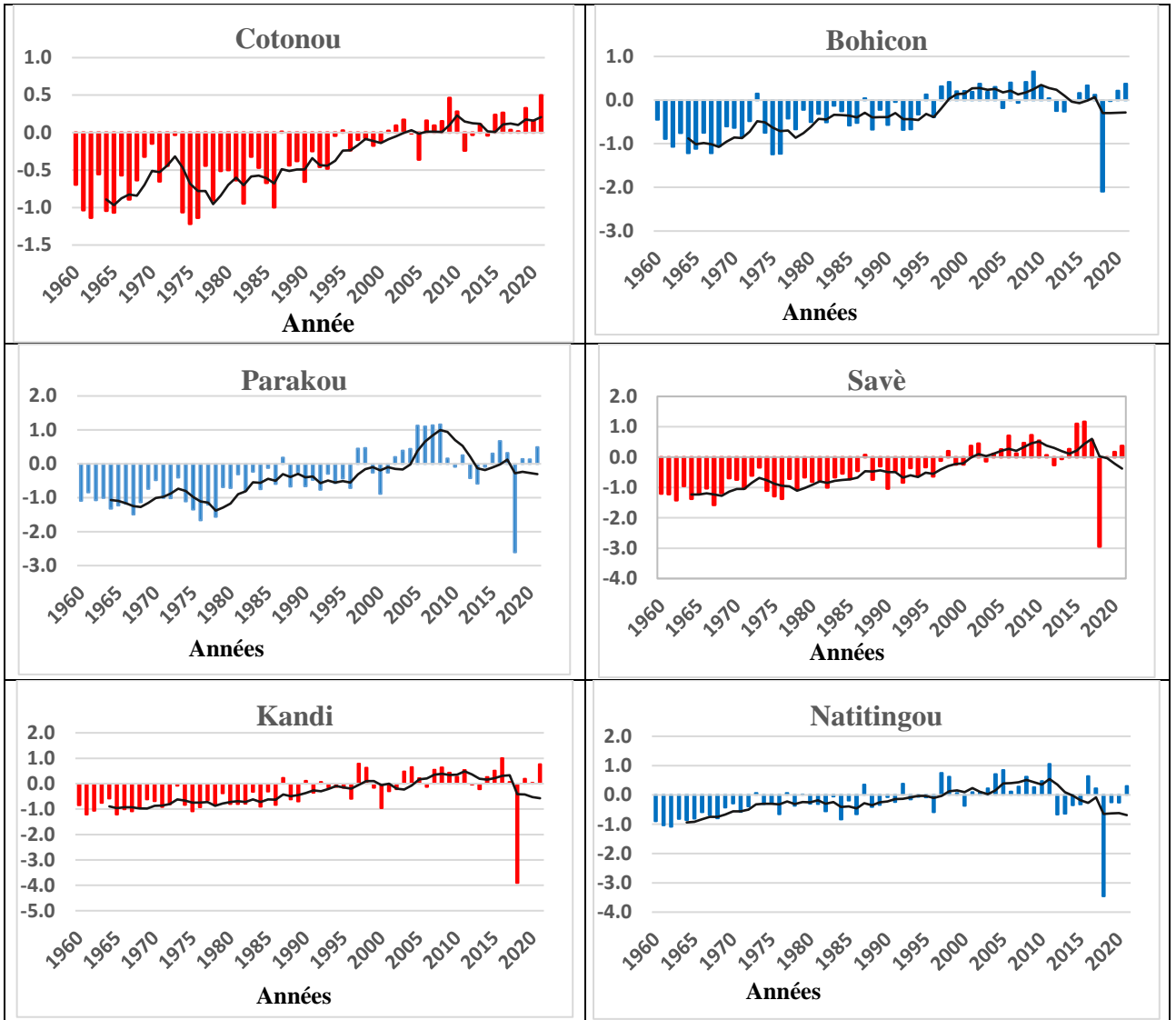


Figure 2. Anomalies centrées réduites des températures au Bénin

Le Bénin a enregistré des anomalies de température négative allant de 1960 à 1999 au Sud du pays. Aussi, il a été observé des écarts positifs à partir des années 2011 en comparaison à la moyenne des trente dernières années. Outre la région du Littoral, le Bénin a enregistré en 2018 dans la plupart des stations des anomalies négatives significatives ($> -2^{\circ}\text{C}$). Du centre jusqu'aux extrêmes Nord du pays, des écarts positifs ont été relevé courant la période de 2000 à 2010. La température moyenne est en dessous de la moyenne mobile sur l'ensemble du territoire nationale à l'exception de la station de Natitingou où il est enregistré une situation quasi-normale courant la période de 1970-1978. Les dix dernières années sont marquées par une perturbation

thermométriques significatives. En effet ces dernières années montre une recrudescence des températures dans la majeure partie du pays à l'exception du littoral où il est enregistré une tendance normale à légèrement excédentaire ($\geq + 0.2^{\circ}\text{C}$).

3.2 Variabilité spatiotemporelle des pluies

Pour la division des séries chronologiques en décennies, nous avons pris en considération les indices standardisés de précipitation (SPI). La figure 3 présente l'évolution décennale des indices pluviométriques de 1961 à 2021 au Bénin.

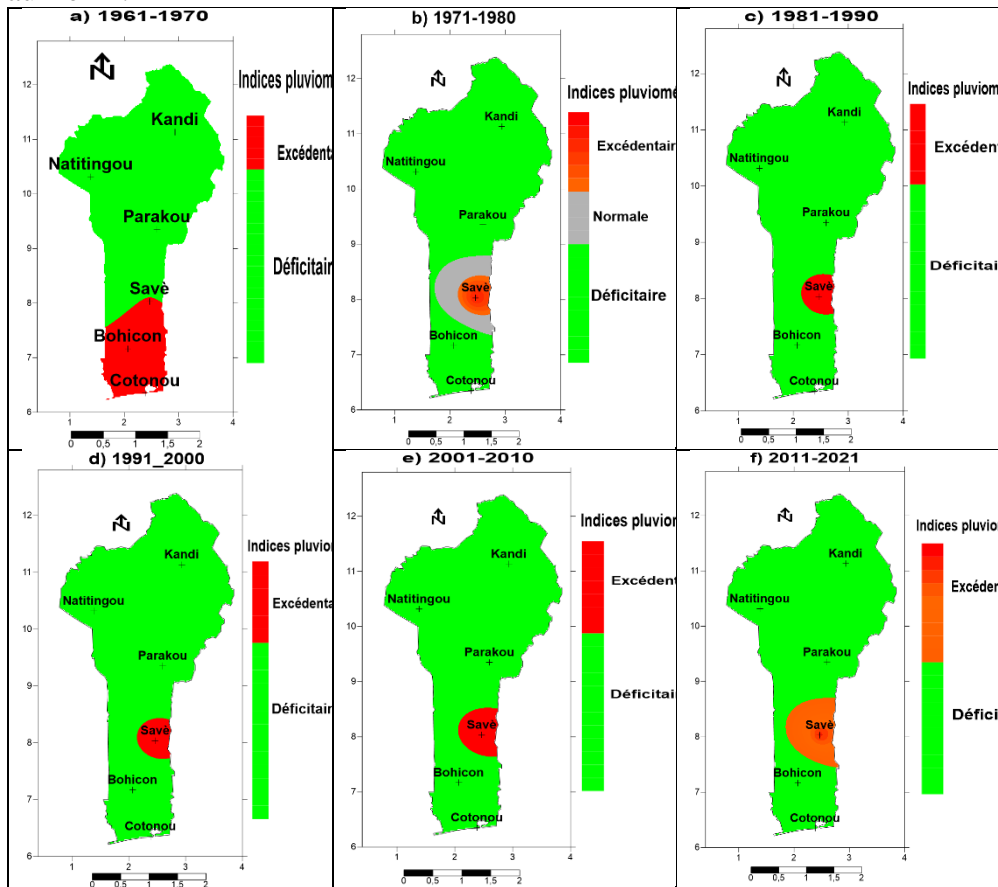


Figure 3. Caractérisation des indices pluviométriques de 1961 à 2021 au Bénin

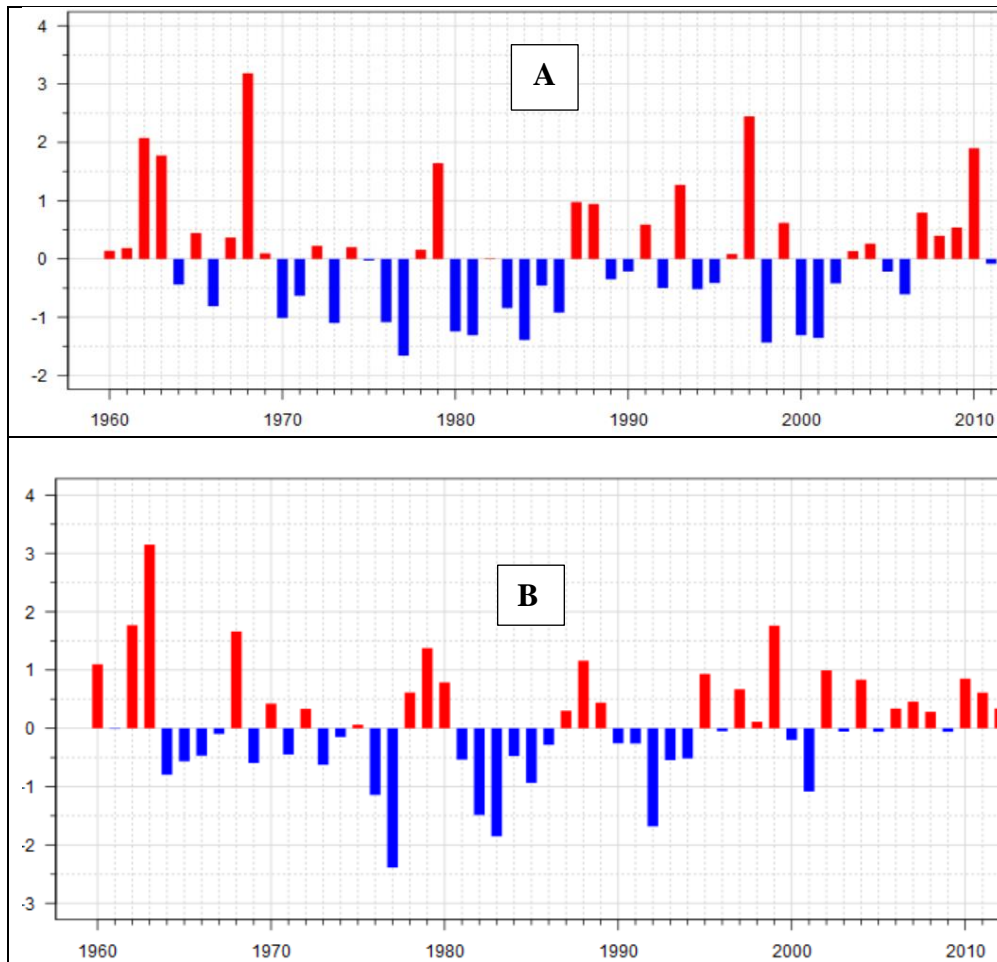
La figure 3 montre une variabilité temporelle et spatiale des valeurs d'indices pluviométriques. Dans l'ensemble, le Pays est caractérisé par une dominance des valeurs déficitaires quel que soit la décennie considérée. La décennie 1961-1970 a le plus connu de valeur excédentaire ayant touché toute la partie méridionale et centrale (Cotonou et Bohicon et Savè). Il convient de remarquer que la région de Savè située au centre du Pays est toujours

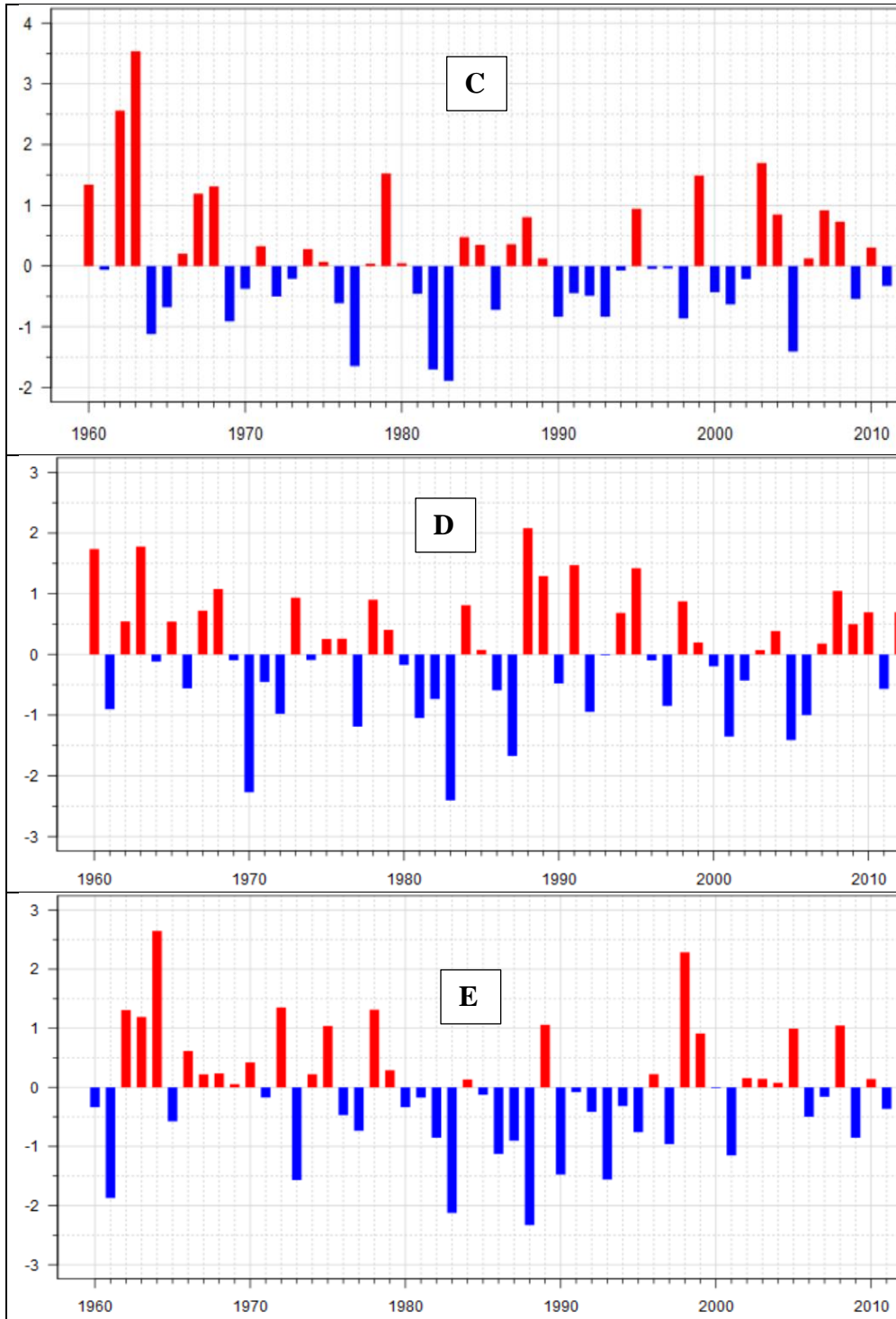
caractérisée par des valeurs excédentaires. Les valeurs proches de la normale sont enregistrées seulement au cours de la décennie 1971-1980 au centre du Bénin dans les milieux périphériques de Savè.

De 1961 à 1970, il est enregistré une situation excédentaire au Sud du pays conformément à la normale 1991-2020. Les échelles 1991- 2000 ont une tendance globalement excédentaire au centre-Est (Savè et environ). La décennie 1971-1980 est marquée par une situation excédentaire voir normale. Pour le reste des décennies (1981-2021), le Bénin a enregistré une situation globalement déficitaire dans la plupart des régions.

3.3 Evolution des anomalies centrées réduites des précipitations

La figure 3 permet de mieux appréhender l'évolution interannuelle des indices pluviométriques issus des stations synoptiques (figure 3). L'évolution de cette anomalie a permis de mieux analyser l'alternance des périodes humides et sèches entre 1960 et 2021.





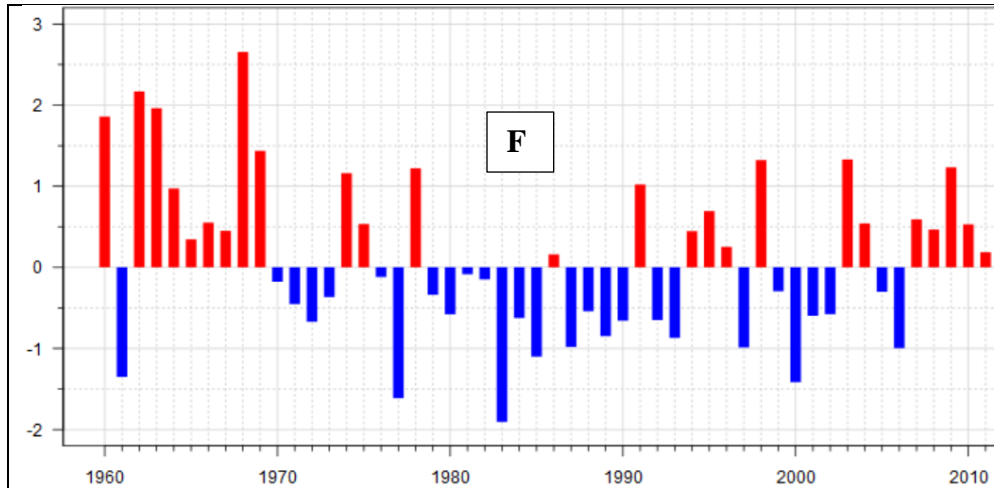


Figure 3. Anomalies centrées réduites des précipitations dans les stations (A= Cotonou, B= Bohicon, C= Savè, D= Parakou, E= Kandi, F= Natitingou) du Bénin

La figure 3 montre que les dix dernières années sont marquées en général par des déficits pluviométriques. Par contre, il est enregistré des excédents pluviométriques peu significatifs dans les années de 2018 et 2019 dans les régions du centre (Savè), du Borgou (Parakou) et le Nord-Est (Kandi). La période de 1960-1970 est marquée en général par des excédents pluviométriques sur l'ensemble du territoire national. Cependant, des déficits pluviométriques sont plus enregistrés courant la période de 1980-1990. L'extrême Nord-Ouest (Natitingou et environs) du pays a connu des anomalies négatives pendant les dix dernières années. Il est aussi observé au sud intérieur (Bohicon) et le centre du pays (Savè) des anomalies négatives courant les dix dernières années.

Tableau 2. Ecart comparatifs des cumuls saisonniers des périodes de 1960 à 1990 puis de 1991 à 2021 par rapport à la moyenne

stations	MAM		AMJ		JAS		OND	
	1960-1990	1991-2021	1960-1990	1991-2021	1960-1990	1991-2021	1960-1990	1991-2021
Bohicon	7,7	1,2	16,9	1,2	-10,7	0,1	-2,2	-0,4
Cotonou	-3,8	-2,3	6,9	-3	-1,8	0,3	-10	-0,2
Savè	6,7	0,8	6,4	0,7	8,3	0,5	-3	0
Parakou	1,6	-0,7	5,9	0	-4,4	2,1	0	-0,5
Kandi	-3,8	-1,3	-2,5	-1,2	-4,9	3	-5,3	-0,6
Natitingou	6,2	-0,6	-3,7	-0,9	16,9	-0,6	1,2	0,7

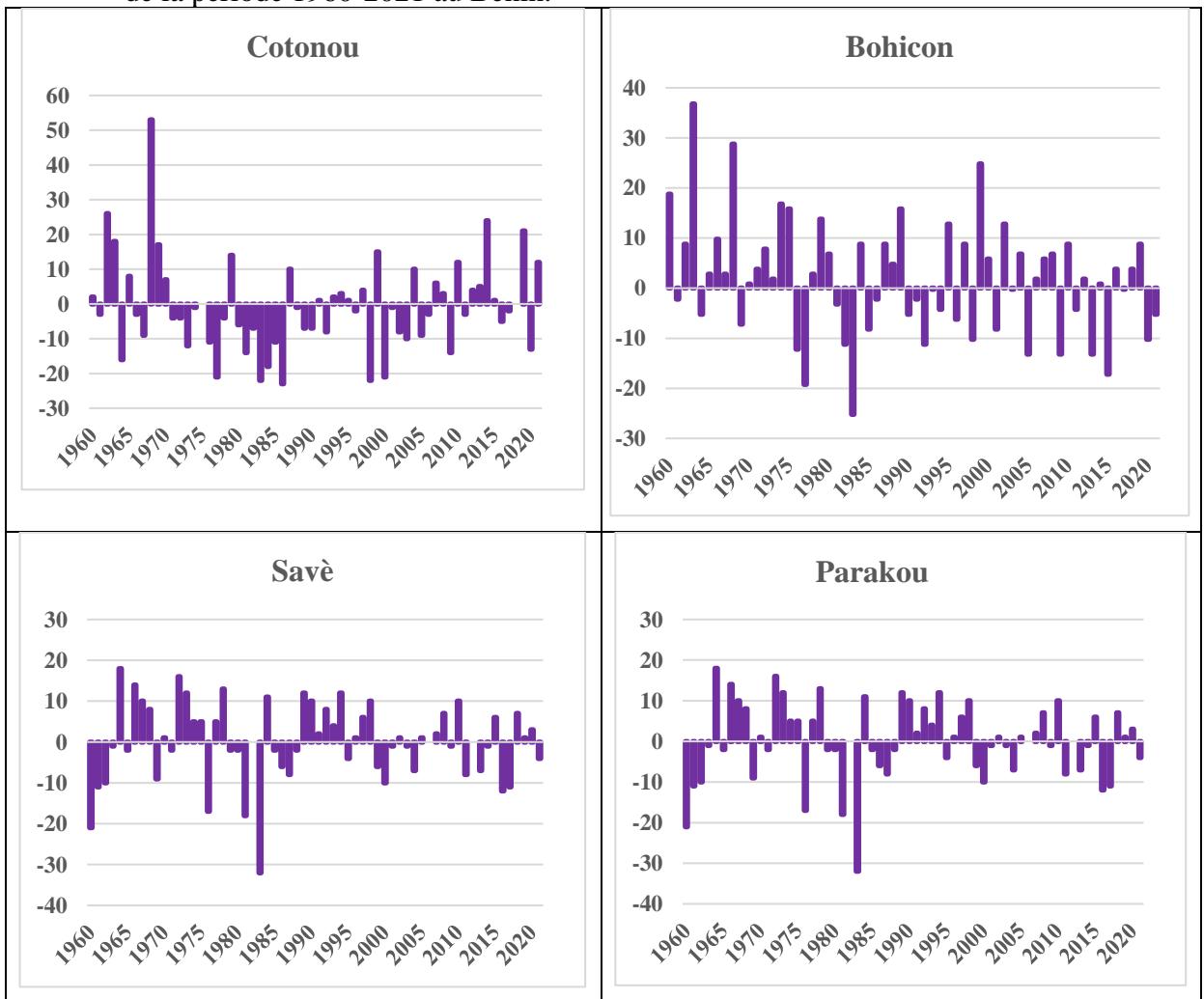
Source: Traitement des données

Le tableau 3 présente globalement des écarts globalement positifs allant du sud de l'intérieur jusqu'à la latitude du Borgou (Nord-Ouest). Toutefois, il est enregistré pour les deux périodes (1960-1990 et 1991-2021)

des écarts négatifs sur le littoral et dans l'extrême nord-Ouest du pays (Kandi et environs). L'extrême nord-Est du pays a quant à lui enregistré des écarts positifs courant la période de 1960-1990 (5,1) et négatifs durant la période de 1991-2021. Aussi des situations normales ont été observés courant la saison AMJ (1991-2021) et OND (1960- 1990) à Parakou et environ. La région du centre (Savè et environs) a enregistré une telle situation pendant la saison d'OND et courant la période 1991-2021). Au regard des écarts négatifs de cumul saisonniers enregistré, nous pouvons déduire que la période 1991-2021 a connu des déficits pluviométriques comparativement à celle de 1960-1990.

3.4 Variabilité du nombre de jours de pluie

La figure 4 présente la variabilité du nombre de jours de pluies allant de la période 1960-2021 au Bénin.



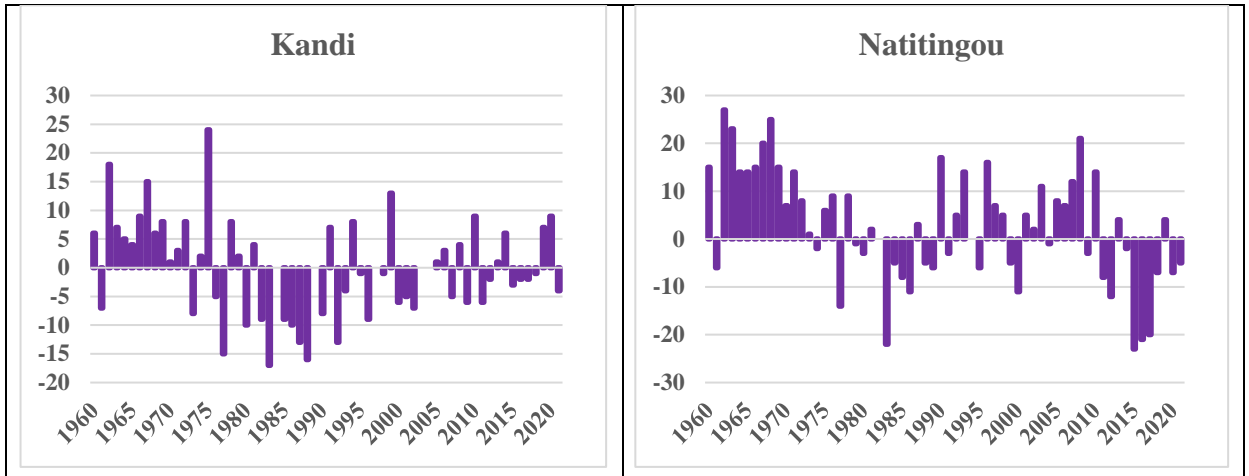


Figure 4. Variabilité du nombre de jours de pluie 1960-2021

Au Sud du pays (Cotonou, Bohicon), le nombre de jours de pluie reste élevé dans la période de 1960-1970. Le centre (Savè) et le Borgou (Parakou et environs) ont connu une diminution significative des jours de pluie dans les années 1980 à 1985. Les extrêmes Nord (Kandi, Natitingou) ont enregistré des anomalies positives dans la période de 1963- 1970. En comparaison à la moyenne, le Nord-Ouest (Natitingou et environ) a enregistré des jours de pluie inférieurs à la normale courant les dix dernières années.

Tableau 3. Analyse comparative des écarts de jours de pluie par rapport à la normale 1991-2020

Ecarts des jours de pluies	Cotonou	Bohicon	Savè	Parakou	Kandi	Natitingou
1960-1970	9	9	16	-1	7	15
1971-1980	4	-5	7	3	1	3
1981- 1990	-2	-10	-2	-4	-8	-4
1991- 2000	2	-2	-2	2	0	2
2001- 2010	1	-1	6	1	0	7
2011- 2021	-3	4	-4	-3	0	-9

De ce tableau, il est enregistré courant la période de 1960-1970 des écarts positifs dans presque toutes les stations synoptiques sauf celle de Parakou (Borgou) ou des écarts négatifs peu significatifs sont obtenus. Cependant la période de 1981-1990 a connus des écarts négatifs du nombre de jours de pluie en rapport à la normale. De 1991- 2021, il est enregistré une situation relativement normale du nombre de jours de pluie dans l'extrême nord-est du pays.

3.5 Analyse de l'évolution du nombre de jours de pluies au Bénin

Les fluctuations pluviométriques sont relevées dans le temps et dans l'espace. Cette fluctuation demeure importante au Bénin. Le tableau 3 présente la statistique descriptive des écarts de jours de pluie.

Tableau 4. Statistique descriptive des écarts de jours de pluie au Bénin

Station	Cotonou	Bohicon	Savè	Parakou	Kandi	Natitingou
Coef de cor	-0,176	-0,112	-0,197	-0,076	0,044	-0,361
P-Value	0,171	0,387	0,124	0,556	0,736	0,004

De ce tableau, il révèle que les stations de Parakou et de Kandi présentent un faible taux de coefficient de corrélation. La p-value est calculée suivant une méthode exacte. Etant donné que la p-value est supérieure au niveau de signification $\alpha=0.05$ dans les cinq (05) stations synoptiques, il est donc indispensable de notifier que l'hypothèse H_0 est maintenue.

3.6 Variabilité intra-saisonnière des pluies

Le tableau 5 présente le comportement des caractéristiques agro-météorologiques des dates de démarrage des saisons. Cette variabilité présente en général des écarts significatifs dans la période de 1981-2000 ;

Tableau 5. Ecart des paramètres agro-météorologiques au Bénin

Stations	Dates de début		Dates de Fin		Séquences sèches début		Séquences Sèches fin	
	1981-2000	2001-2021	1981-2000	2001-2021	1981-2000	2001-2021	1981-2000	2001-2021
Cotonou	8	1	-3	0	0	0	4	0
Bohicon	-4	1	-1	1	0	0	0	0
Savè	2	0	-2	0	0	0	0	1
Kandi	-5	2	-3	1	0	0	2	0
Parakou	0	1	-4	0	0	0	2	0
Natitingou	0	-1	-4	0	1	1	1	0

Le tableau 5 présente des dates de début significatives courant la période de 1981-2000 à l'exception des stations de Parakou et Natitingou où il est observé une situation relativement moyenne. Les écarts des dates de fin des saisons sont inférieurs à la moyenne (1991-2020) dans toutes les stations synoptiques du Bénin et courant la période de 1981-2000. Cependant ces dates de fin présentent des écarts moyens à tardifs (supérieur à la moyenne) dans la période de 2000 à 2021. Les séquences sèches en fin de saison sont longues dans les régions du littoral, Borgou et Atacora dans la période de 1981-2000 tandis que dans la période allant de 2001 à 2021, les écarts des séquences sèches en fin de saison sont moyens (égal à la normal 1991-2020) à l'exception de la région du centre (Savè et environ) où il est enregistré des écarts positifs (séquences sèches longues).

4. Discussion

Les caractéristiques spatio-temporelles de la variabilité climatique au Bénin sont marquées par la variabilité interannuelle et intra-saisonnière ainsi que l'évolution des températures. Toutes ces caractéristiques (dates de début et fin de saison des pluies, cumuls pluviométriques annuels, nombre total de jours de pluie et l'évolution des températures) étudiées présentent une forte variabilité inter ou intra-annuelle. Ces résultats corroborent avec les travaux réalisés par Eric et al, (2016) qui ont observé une perturbation du régime pluviométrique et une tendance à la hausse des températures dans les régions nord (Parakou, kandi, Natitingou) du pays à partir des années 2005. La température de l'année 2018 est marqué par un écart négatif très significatif dans toutes les stations synoptiques à l'exception de celle de Cotonou ($< -2^{\circ}\text{C}$). Ce qui justifie la diminution de la température en cette année 2018. Toutes les régions du pays présentent un déficit pluviométrique à l'exception de la région du centre (Savè et environ) où il est enregistré des hauteurs d'eau supérieur à la moyenne au cours de cette période d'étude. Ce qui confirme les travaux de Servat *et al.* (1999) qui explique que certaines régions de l'Afrique de l'Ouest ont également vu une diminution des précipitations enregistrées hors saison des pluies. Ce phénomène marque un « renforcement » de la saison sèche qui contribue, tout à la fois, à la baisse des précipitations annuelles et à la nette perception du phénomène par les populations. La diminution du nombre annuel de jours de pluie, là où elle a pu être étudiée, est un corollaire vérifié du déficit pluviométrique observé.

Au regard des différents résultats obtenus, le Bénin présente une variation interannuelle de la pluviométrie déterminée par les indices pluviométriques. Ce qui confirme les résultats des travaux sur l'évolution du climat au Bénin (Amoussou, 2016). De même, presque toutes les stations ont connu de baisse de la pluviométrie. Des écarts négatifs enregistrés expliquent la situation déficitaire observée en 2021. Les variabilités pluviométriques extrêmes sont devenues fréquentes. Elles se caractérisent par les démarrages tardifs des pluies pendant les grandes saisons pluvieuses, la réduction du nombre de jours de pluie, le prolongement des saisons sèches (Oyédé *et al.*, 2018). De plus, pendant les années où il est enregistré des déficits pluviométriques, les ressources en eau ne sont pas totalement satisfaites dans la conduite de plusieurs activités et aussi dans la consommation des populations. (Saidou *et al.* 2021). L'insuffisance de pluie génère un retard de croissance des activités agricoles. L'instabilité climatique constitue un problème crucial pour le développement socio-économique de notre pays.

Les différents résultats obtenus sont concordants avec les conclusions de Oyédé (2019) qui révèlent que la répartition inégale des précipitations est source de dérégulation des dates de démarrage des saisons. Toutefois, le Bénin a enregistré des dates de début des saisons tardives pendant la grande saison

des pluies et courant la période d'étude. Les dates de fin quant à elles sont globalement normales. Les régimes pluviométriques saisonniers ont présentés des écarts négatifs pendant les trente dernières années, ce qui affectent les pratiques culturales. La présente étude montre que la période 1960-1970 est marquée par un excédent pluviométrique au Sud du pays tandis que celle de 1981-2021 révèle des déficits pluviométriques. Ce qui confirme les résultats du GIEC (2014) sur les années les plus chaudes enregistrées de par le monde. Le régime saisonnier est caractérisé par une forte variabilité interannuelle des précipitations. De même, à l'échelle spatiale que temporelle, le cycle saisonnier moyen se caractérise par une installation tardive et un retrait précoce des précipitations avec pour conséquence, la réduction de la durée de la saison des pluies au Bénin. En ce qui concerne la perturbation des paramètres climatiques sur les régimes pluviométriques, il est abordé la détermination des paramètres agro-climatiques à travers les dates de démarrage des saisons.

Les résultats de l'étude montrent une baisse des variables pluviométriques et une variation des températures au cours de la période d'étude (1960-2021). Les travaux antérieurs de Amani (2010) stipulent que la température est en droit de redouter une modification des régimes climatiques saisonniers au Bénin. Plusieurs travaux dont Richard (2002) met l'accent sur la variabilité interannuelle de la pluie qui s'est accru ainsi que les sécheresses qui sont devenues plus accusées et étendues dans notre milieu. L'évolution des hauteurs de pluie annuelles entraîne la perturbation des paramètres agro-météorologiques qui découle sur l'insécurité alimentaire.

La présente étude a montré une alternance des années déficitaires et excédentaires. Cette modification des précipitations contribue à la baisse des rendements et à l'insécurité alimentaire. Des perspectives devront être menées aux fins d'approfondir les connaissances sur la fréquence et l'intensité des pluies dans les couches vulnérables du pays.

Conclusion

Cette étude révèle que le climat a connu une variation dans le temps et dans l'espace caractérisé par une succession des séquences déficitaires et des années excédentaires. Les périodes allant de 1981 à 2021 sont fortement influencées par les sécheresses, ce qui reflète la répartition inégale des pluies pendant cette période. La zone la plus arrosée sur toute la période d'étude est Savè et environs.

L'intérêt immédiat de la variabilité intra-saisonnière des pluies est de faciliter aux décideurs et aux professionnels des secteurs sensibles au climat, l'exécution des tâches de planification des activités saisonnières de production et de développement durable. Cette étude apporte non seulement un complément d'information à la manifestation de la variabilité climatique mais

aussi apparaît que les saisons des pluies sont généralement plus courtes, soit parce qu'elles commencent plus tard, soit parce qu'elles finissent plus tôt. De même, les quantités précipitées durant les saisons des pluies ont désormais une répartition inégale.

References:

1. Agali A., Ly M., Sarr B. & Traoré S. B., (2013). Grandes tendances des caractéristiques de la saison des pluies en Afrique de l'Ouest. CILLS/GCCA, Sécheresse 2013 ; 24 : 282 –93 doi: 10.1684, 12 p.
2. Alamou E. A., Quenum G. M. L. D., Lawin E. A., Badou D. F. et Afouda A. (2016). Variabilité spatio-temporelle de la pluviométrie dans le bassin de l'Ouémé, Bénin. Afrique SCIENCE, 12(3), pp. 315 – 328.
3. Amadji Guillaume. (2016). Les principaux facteurs environnementaux "Sols du Bénin et couverture végétale". Les principaux facteurs environnementaux au Bénin", 128- 133p. <https://www.goethe-university-frankfurt.de>.
4. Amani Michel Kouassi, Koffi Fernand Kouamé, Yao Blaise Koffi, Kouakou Bernard Dje, Jean Emmanuel Paturel et Sekouba Oulare. (2010). Analyse de la variabilité climatique et ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. Environnement, Nature, Paysage, 2010, 513 p.
5. Amoussou Ernest, Totin Vodounon Sourou Henri, Houndenou Constant, MAHE Gil, Camberlin Pierre, Boko Michel et Perard Jocelyne. (2016). Evolution climatique du Bénin de 1950 à 2010 et son influence sur les eaux de surface. XXIXe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie : « *Climat et pollution de l'air* » Besançon (France), pp. 231-236 p.
6. CSAO (Club des Amis de l'Afrique de l'Ouest). (2008). Climat, changements climatiques et pratiques agro-pastorales en zone sahélienne, Synthèse régionale, 8 p.
7. Djohy G. L., (2016). Vulnérabilité des ressources en eau au changement climatique et stratégies d'adaptation des maraichers des zones urbaines et péri-urbaines du Nord-Benin. Rapport de recherche, African Climate Change Fellowship Program, Parakou, 59 p.
8. Doukpolo Bertrand. (2013). Procédure de traitement des données d'observation, de simulation et de projection du climat, séjour scientifique, Annexe V du rapport final, 34 p.
9. Gautier F., Lubes-Niel H., Sabatier R., Masson J. M., Paturel J. E. & Servat E. (1998). Variabilité du régime pluviométrique de l'Afrique de

- l'Ouest non sahéenne entre 1950 et 1989. *Hydrol. Sci. J.*, 43 (6), 921 – 936 p.
10. GIEC, 2014: Changements climatiques 2014: Incidences, adaptation et vulnérabilité – résumé à l'intention des décideurs. Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea et L.L. White]. Organisation météorologique mondiale, Genève (Suisse), 34 p.
 11. Hubert P., Servat E., Paturel J. E., Kouame B., Bendjoudi H., Carbonnel J. P., Lubes-Niel H. (1998). La procédure de segmentation dix ans après. *Publication IAHS*, n°250, 267-273p.
 12. Gowing J., (2003). Food security for sub-Saharan Africa: does water scarcity limit the options? *Land Use and Water Resources Research*, 3, 2.1–2.7.
 13. Hounzinmè S. Sylvie, Oyédé M. Inès. (2019). Vulnérabilité de la production du niébé (*vigna unguiculata*) face à la variabilité climatique dans la commune de Lokossa au Bénin, Agriculture, Environnement et Sciences de l'Ingénieur N° 15, ISSN : 1840-703X, Cotonou (Bénin) 15p.
 14. Idani M., Akindélé A. A., Médéou F. K., Ogouwalé E., (2013) : Stratégies d'adaptation paysannes aux changements climatiques dans l'arrondissement de Dassari (Bénin, Afrique de l'Ouest). Actes du XXVIème Colloque de l'AIC, 291-294 p.
 15. INSAE, (2016). Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du Bénin (RGPH-4, 2013). Février 2016. 85p.
 16. Mahe G. et Olivry J.C. (1995). Variations des précipitations et des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale de 1951 à 1989. *Bulletin sécheresse*, vol. 6, n° 1,109-170 p.
 17. McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J., (1993): The relationship of drought frequency and duration to time scale. *Report of the eighth Conference on Applied Climatology*. Anaheim (California), 6 p.
 18. Ogouwalé E., (2006). Changements climatiques dans le Bénin méridional et central : indications, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire. Thèse de Doctorat nouveau régime, EDP/FLASH, 302 p.

19. Oyédé M. Inès, Amoussou Ernest, Alamou Eric, Vissin W. Expedit (2018). Préviation agroclimatologique de la saison culturale 2017 dans huit communes au Benin ; Climat et Développement n °24, ISSN: 1840-5452
ISBN-10: 99919-58-64-9, 14 p.
20. Oyédé M. Inès, (2019). Vulnérabilité des écosystèmes aux risques hydroclimatiques dans le bassin versant du fleuve Ouémé à l'exutoire de Bonou. 235 p.
21. Richard Y., Camberlin P., Fauchereau N. (2002). El Nino-la Nina : cohérence intrasaisonnière de la variabilité pluviométrique interannuelle en Afrique du Sud », *Espace géographique*, vol. 1, 63-72 p.
22. Saidou Ibrahim Moussa, Kabirou Souley, Waidi Seydou, Sourou Henri Totin VODOUNON. (2021). Variations climatiques et dynamique des eaux de surface dans la commune rurale de bitinkodji au Niger ; Sciences Humaines n°17 – 2 ème Semestre 2021 ISSN 2630-1121, 17p. <http://publication.lecames.org>.
23. Servat E. (1994) : Identification et conséquences d'une variabilité du climat en Afrique de l'Ouest non sahélienne (ICCARE). SI : Antenne hydrologique, Orstom-Côte d'Ivoire, 23p.
24. Servat E., Patrel J.E., Kouamé B., Travaglio M., Ouédraogo M., Boyer J. F., Lubès-Niel H., Fritsch J.M., Masson J.M., Marieu B. (1999). « Différents aspects de la variabilité de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne », *Revue des sciences de l'eau, IAHS. Publication*, vol. 252, 323-337 p. ISSN-0992-7158-1718-8598.
25. Seydou Tinni Halidou., Agali ALHASSANE., Issaka LONA., Ibrahim Bouzou Moussa (2021). Analyse De L'évolution Spatio-Temporelle Des Dérivés Pluviométriques caractérisant la saison agricole au Sahel – Central. *Afrique SCIENCE 19(6) (2021)102-121*.ISSN 1813-548X, <Http://Www.Afriquescience.Net>
26. Yousra Daki Ghalem Zahour. (2016). Caractérisation de la Sécheresse Climatique du Bassin Versant D'oum Er Rbia (Maroc) par le Biais de l'Indice de Précipitation Standardisé (SPI), *European Scientific Journal* May 2016 édition vol.12, No.14 ISSN: 1857 – 7881 - ISSN 1857- 7431.
<https://doi.org/10.4000/cybergeogeo.23388>



Stigmatization and Dishonesty: How Doctors Communicate and Cope with Mental Issues among COVID-19 Patients in Indonesia

Syafiq Basri Assegaff
Rendro Dhani

Institut Komunikasi dan Bisnis LSPR, Jakarta, Indonesia

Mary Ann Hollingsworth

University of West Alabama, Livingston, AL, USA

Enrico Adhitya Rinaldi

PT. Enmedicare International, Jakarta, Indonesia

Sri Dhuny Atas Asri

Medical Faculty UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta, Indonesia

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p262](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p262)

Submitted: 06 July 2022

Accepted: 06 September 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Assegaff S.B., Dhani R., Hollingsworth M.A., Rinaldi E.A. & Asri S.D.A. (2022) *Stigmatization and Dishonesty: How Doctors Communicate and Cope with Mental Issues among COVID-19 Patients in Indonesia*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 262.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p262>

Abstract

Background: The coronavirus (COVID-19) outbreak has caused public fear alongside social stigma and discrimination. As a result, people hide the illness to avoid discrimination. This study focuses on investigating doctor-patient communication, their challenges when diagnosing suspected COVID-19 patients, and how the physicians communicated with patients' mental issues. **Methods:** A mixed-methods approach examined this phenomenon and an online survey was conducted among 221 Indonesian doctors. The following were quantitatively examined: theme of Covid stigma and patient openness, patient/physician interaction and communication, and information and stigmatization of Covid. Qualitatively, two Focus Group Discussions (FGD) were conducted with five physicians and four COVID-19 survivors or their family members. Thereafter, interviews were set up with the selected four persons. **Results:** 74.2% of respondents encountered

patients with lack of honesty or openness, while 55% of physicians claimed that 1-2 patients out of every 10 patients covered up about their illness. 27% of physicians indicated that 3-5 of 10 patients did not tell the truth. Majority of respondents opined that the media/social media played a large role in the promotion of stigma for those who had COVID-19. **Conclusion:** Study results affirmed belief in a link between the stigma of COVID-19 and patients' dishonesty. Results indicated that many individuals are reluctant to disclose their true positions for fear of stigmatization by the people around them. This is linked to the stigma of COVID-19 and patient reluctance to be honest about their health/illness per impact of COVID-19. This research concluded that doctors need to find creative ways to communicate with their patients so as to increase patient honesty about illness.

Keywords: COVID-19, social stigma, physician-patient relation, mass media/social media/communications media impact

Introduction

The continuing COVID-19 and variant outbreaks have provoked social stigma and discriminatory behaviors against people contracting or in contact with the virus (Grover et al., 2020; Nature, 2021; Wang et al., 2020; WHO, 2020). The continuance of the pandemic crisis is evidenced by the response with the recent Omicron variant and lack of global collaboration that extenuates timely resolution (Nature, 2021). As defined by WHO, social stigma in the context of health is the negative association between a person or group of people who share certain characteristics and a specific disease. "In an outbreak, this may mean people are labelled, stereotyped, discriminated against, treated separately, and/or experience loss of status because of a perceived link with a disease" (WHO, 2020). This treatment, via stigma and discrimination, may have negative impacts on COVID patients, their families, friends, special groups of people, and the caregivers and frontline workers supporting them through health and social institutions (Grover et al., 2020; Ramaci et al., 2020).

Background

Despite global focus on vaccination, there is still social stigma among communities due to COVID-19. In Indonesia, the stigmatization haunts patients and families due to protocols with deaths where they cannot carry out normal funeral ceremonies and corpses often cannot be buried in public cemeteries (Assegaff, 2020; Marcoes, 2020; Sulistiadi et al., 2020; Syakriah, 2020). A survivor in Jakarta reported feeling like an outcast who was ostracized because her colleagues accused her of infecting other employees

and declined having lunch together (Syakriah, 2020). Hence, COVID-19 stigma, for some Indonesians, is worse than the disease.

COVID-19 is not the first major health crisis to produce impact of stigma on patients and their society. In comparison, a similar case occurred decades ago when HIV/AIDS had a significant impact on the American public as described by Thompson et al. (2003, p.290). According to the scholars, no illness has riveted the attention of the American people more than HIV/AIDS during the past 20 years. HIV/AIDS became the most stigmatizing disease in modern times due to its enormity and the reach of its connotations, which made it the public's top health concern. As with the COVID-19 stigma for some Indonesians, those who initially had AIDS also experienced stigma perhaps worse than the disease of HIV/AIDS, itself. The impact is suggested by more than 810,000 cases identified and 467,000 deaths attributed to AIDS by the end of 2001 (As reported by Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2001). Health care expenses as well as social, psychological, emotional, and economic repercussions on spouses, family, friends, co-workers, neighbors, students, and healthcare professionals are all included in the impact's size.

Stigmatization of COVID-19 and its negative social impacts have affected many countries. Dye et al. (2020) noted that with COVID-19, bullying, harassment, and stigma occurred among health workers in many countries. Bhattacharya et al. (2020) focused their work on social stigma of COVID-19 and consequences in India. Cassiani-Miranda et al. (2020) also evaluated stigmatization associated with COVID-19 in Columbia. A Chinese psychologist cited a study of 1,000 COVID-19 patients suffering from depression and anxiety long after recovery (The Economist, 2021). This psychologist indicated that research continues into the precise role played by social stigma and discrimination.

Social, Political, Cultural and Economic Context of Indonesia

The social, political, cultural, and economic contexts of countries around the world have some consistent variety, yet some global commonality as well. Global commonality is shared through reference to previous applicable research. A helpful insight to these factors with Indonesia specifically is shared by Wahyuni and Fitrah (2022) in their qualitative analysis with the eight most accessed online media outlets in Indonesia. They found an emphasis on political context of the pandemic over the health and economic context (p.84). The authors noted ensuing problems from this choice of contextual emphasis by online media. One example was the pressure for governmental policies by the media at the cost of information from health experts such as epidemiologists. Another example was delay in mitigation of problems per conflict between the central government and local

governments. A final example was the occurrence of information overload as the pandemic continued. Wahyuni and Fitrah noted that complexity of information and overload could have issues of accuracy and promotion of distrust by a readership.

Rela et al. (2022) addressed the presence of community resilience for Indonesia in the experience of COVID-19. This encompassed social, political, cultural, and economic contexts in the local environments where Indonesians lived out their daily life with impact of COVID-19. Rela et al. also noted the economic impact of the pandemic resulting to unemployment and underemployment, loss in tourism and external investment into the country, and limitations on travelling outside the home to support daily needs. Some social unrest and increase in crime rates occurred occasionally in the form of street demonstrations, looting, or other violence with demands for governmental supply for their needs. Furthermore, Rela et al. indicated the availability of only enough COVID-19 vaccines to support 24.8 percent of the Indonesian population. All of these challenges exacerbated the struggle to maintain community and individual resilience through the course of the pandemic.

Labelling and Stigmatization of COVID-19

Concepts of labelling, stigma, and stigmatization, including recent association with COVID-19, were examined per Erving Goffman's (1963) sociology theory (e.g., Cassiani-Miranda et al., 2020; Kusow, 2004; Roberto, Johnson & Rauhaus, 2020; Tyler & Slater, 2018). According to Goffman's concept, a stigma is a characteristic that makes a person in a social category different from others, with reduction of the individual to a tainted or discounted status. Stigma consideration as a handicap shows the difference between the perceived identity and the holder of the stigma's real identity. Goffman implies that a person with a stigma is not quite human by social standard. On this premise, individuals practice forms of discrimination that restrict the stigmatized individual's life chances. This stigma-theory is a philosophy designed to justify the inferiority of an individual, account for the risk of a person, or rationalize hostility based on other factors (Goffman, in Davis, 2017).

Physicians and Imprecise COVID-19 Patients and their Connections with Social Media

Social stigma toward COVID-19 patients can prevent individual honesty about their illness condition. Prolonged stress, anxiety, and lack of sleep may have a significant adverse impact on the immune system (Grover et al., 2020; Shneider et al., 2020; Wang et al., 2020). Good doctor-patient communication is an important part of patient-centered treatment, which

leads to positive health results (Grover et al., 2020; Dalma et al., 2020). However, poor doctor-patient communication can cause patients to overestimate their prognosis and misinterpret treatment options (Breitbart & Alici, 2014, p.143). With COVID-19, Biss (2020) noted the important and therapeutic value of communication.

Oh et al. (2020) studied the 2015 Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus (MERS-CoV– a viral respiratory disease which is also caused by Coronavirus family) outbreak in South Korea. It was noted that social media exposure is related to the two self-relevant emotions, i.e., fear and anger, which mediate the relationships between social media exposure and personal-level risk perception as well as preventive behaviors related to MERS. The authors suggested that social media exposure during an infectious disease outbreak can prompt strong self-relevant emotions and raise personal-level risk perception and preventive behaviors. The current study affirmed results that accompanied an uncertain and uncontrollable event for the public. This supports Oh et al's conclusion of social media usage as both presentation of factual information and the more emotion-filled communication regarding crises in public health and response to those.

Uncertainty and Communication

Harrington (2015), quoting Babrow and colleagues, identified sources of patients' uncertainty such as complexity of the illness, quality of information, and structure of information which play great roles in dealing with their disease. Harrington noted that patient uncertainty is an uncomfortable state for humans, with the assumption that uncertainty is always a bad thing. Harrington also maintained that, "effective communication about illness can help patients to feel more certain about their diagnosis, treatment, and social aspects of their disease, which may lead them to better deal with the challenge of their illness." (p.184). More so, humans will experience uncertainty about a variety of life experiences (including illness). Therefore, they often strive to manage uncertainty through interpersonal communication with family, friends, and healthcare providers.

Thompson et al. (2003) provided further clarity with management of uncertainty while noting the centrality of it within an experience of illness and the role that expectations play in facets of illness. Thompson et al. also noted uncertainty in communication management that stems from the basic need for information-seeking with illness and the fact that patients cope with their uncertainty in the face of illness within the framework of their values.

This study observed a tendency for patients to conceal the truth of their disease or health conditions during an interview, and also looked at how doctors deal with these issues. As many individuals fail to disclose the truth for fear of being stigmatized by the people around them, there has been

exacerbation of the country's persistent struggles with containment, testing, and tracing of the virus. Thus, many cases in the country remain undetected (Syakriah, 2020). Many doctors encountered patients who concealed their experience or lied about feelings and actions before coming to the hospitals. Similar to Dewa and Kilkenny (2020), mental health stigma is a significant barrier to treatment seeking and hampers receipt of a proper diagnosis.

Information regarding COVID-19 has spread quickly, continuously, and massively through the Internet and social media platforms (Ali et al., 2021). This may contribute to stigmatization and trigger excessive fear, which ultimately worsens the patient's physical and mental condition. Ahmed and Bates (2013) noted the role of mass media in shaping understanding of the experience of illness and health outcomes. In recent months, new cases of hospitalized COVID-19 patients in Indonesia have increased significantly (Amindoni, 2021) As these numbers increase, doctors and healthcare workers in the country become overwhelmed handling COVID-19 patients, due to many patient deaths (Rizal & Nugroho, 2020).

Pavlova and Berkers (2020) examined doctor-patient communication and its relationship to the stigmatization of COVID-19. This study casts a broader net of assessing the general public's (i.e., patients') understanding of social stigma, reasons they conceal truthful information, and the impact of uncertainty within provider-patient communication.

Aim and Objectives of Study

The aim of this study was to understand how doctors communicate and cope with their patient dishonesty during an outbreak such as COVID-19. This is important since doctors can make an effective and accurate diagnosis only if their patients and or their relatives are being open and honest about their illness. This study had the following research questions:

RQ1: How are doctors communicating and coping with mental health issues, i.e., stigma, because of COVID-19?

RQ2: Can the stigma of COVID-19 prevent patients and survivors from being open and honest about their illness?

RQ3: How do physicians improve the quality of their communication with patients related to the stigma of COVID-19?

RQ4: Does fake information trigger the stigmatization of COVID-19 and how are doctors trying to neutralize it?

Methods

In order to answer the above research questions, a mixed-methods approach was used to integrate the strengths of qualitative and quantitative data and reduce the constraints of both approaches (Creswell, 2018). As noted by Shorten and Smith (2017, p.74), the mixed-methods approach

allows the researchers to seek a more comprehensive understanding of the study area by examining occurrences from many angles and through various research lenses. In this study, an explanatory sequential method was used as a research design in which quantitative data was first acquired and evaluated, then qualitative data was obtained and analyzed to further elucidate the quantitative data. All the study participants gave their consent to participate in writing and they submitted it in a prepared answer format.

Quantitatively, online surveys (N = 221 with the respondent's characteristics in Table 1) were circulated using a frequency distribution table with central tendencies (mean, median, mode and sum) and a Likert scale that has five-option answer: strongly agree, agree, doubtful, disagree, and strongly disagree. A number of multiple-choice questions were also provided in order to find out the respondents' opinions (with three-option answer: in favor of, opposed, and no opinion). The surveys were conducted from August 31, 2020 to September 5, 2020 using the social media platform, Whatsapp Group (WAG), by providing informed consent through the knowledge and permission of the group administrators for ethical considerations. WAGs include membership of general practitioners, specialists, or a mixture of both. Inclusion criteria were men and women aged over 23 years (+23). Doctors who had or are still actively treating COVID-19 patients also participated voluntarily in this research project. The questionnaire had three question themes which were presented at the same time during the distribution of the questionnaire (see Table 3).

Qualitatively, two separate Focus Group Discussions (FGDs) were conducted. The first FGD was organised in Jakarta on 24th January 2021 using Google meet application, which involved five physicians with different specializations and places of practice (Table 2). The physicians in the FGD have not participated in the quantitative survey. The FGD with four patients and/or their families was carried out the following day. All participants in the two FGD did not know each other, but the physicians were often interacting and treated patients with suspected COVID-19. The FGD was established in a semi-structured interview format where three of the researchers were medical doctors and the other two were communication experts. Questions for the group were per the three central themes of the survey questionnaires. In February 2021, another interview was conducted with four COVID-19 survivors or their family members. This small number (n=4) of interviews took place due to accessibility but was considered important to clarify and confirm information from the above FGD. All names of informants/participants who were interviewed individually or in the group discussion were anonymized for ethical consideration. Due to government regulations during the pandemic, both FGDs and interviews were organized through Zoom. After conducting the FGD with four patients and/or their

families, they were interviewed separately the following week in February 2021 in order to clarify and confirm details from the particular FGD.

Table 1. Characteristics of Respondents (n = 221)

Characteristics of the Physician			
		N	%
Sex	Male	85	38.5
	Female	136	61.5
Age	<24 years	5	2.0
	25 – 29 years	34	15.4
	30 – 39	46	20.8
	40 – 59 years	103	46.6
	60+ years	33	14.9
	Plc of Practice	Public Hospital	158
	Private Clinics	28	12.7
	Others (Univ. etc.)	35	15.8

Table 2. Characteristics of the FGD Participants (n = 5)

Panellist	Sex	Age	Specialization	Place of Practice
Informant 1	Male	38	Cardiologist	Public Hospital
Informant 2	Male	34	Internist	Private Hospital
Informant 3	Female	27	General Practitioner	ER in Public Hospital; Private Clinic
Informant 4	Male	29	General Practitioner	Public Health Centre
Informant 5	Female	26	General Practitioner	Inpatient Ward in Public Hospital

Table 3. The Questionnaires and Thematic Results

No.	Questions	Answers
Theme #1: COVID-19 stigma and the patient's openness		
1	During anamnesis, I have encountered patients who aren't transparent/dishonest about their medical records	<ul style="list-style-type: none"> ● Strongly agree: 14% ● Agree: 60.2%; ● Doubtful: 9% ● Disagree: 15.4% ● Strongly Disagree: 1.4%
2	Can you state from every 10 patients you encounter, how many of them do you think aren't open or dishonest?	<ul style="list-style-type: none"> ● 1-2 patients: 55.2% ● 3-5 patients: 27.1% ● 6-8 patients: 10.9% ● None: 3.6%

3	Usually a patient's lack of transparency (being uncertain/vague) happens because they might be experiencing a certain disease. What do you think those diseases are? (you can choose more than one option)	<ul style="list-style-type: none"> ● Chronic diseases, e.g., diabetes, hepatitis, etc.:38 ● Diseases related to sexual behavior: HIV/AIDS, etc.: 195 	<ul style="list-style-type: none"> ● Diseases with a stigma, e.g., TBC, COVID-19: 160 ● Pandemic diseases, e.g., COVID-19: 121 ● Others: 32
---	--	--	--

Theme #2: Patient-physician Interaction/Communication

4	There are some assumptions that due to bad communication between doctors and patients, they might doubt the doctor's competencies and diagnosis.	<ul style="list-style-type: none"> ● Strongly agree: 18.1% ● Agree: 70.1% ● Don't know: 3.7% 	<ul style="list-style-type: none"> ● Disagree: 8.1% ● Strongly Disagree: 0%
---	--	---	---

5	Do closed off or dishonest patients hinder your efforts in diagnosing them?	<ul style="list-style-type: none"> ● Strongly agree: 57.9% ● Agree: 39.4%; ● Doubtful: 3% 	<ul style="list-style-type: none"> ● Disagree: 1% ● Strongly Disagree: 0%
---	---	--	---

6	What are the effects of a patient's dishonesty or lack of transparency to your diagnostic process?	<ul style="list-style-type: none"> ● VVery difficult to make a correct diagnosis: 30.8% ● It's a bit difficult, can lead to a misdiagnosis 50.7% 	<ul style="list-style-type: none"> ● No problem, I have other ways to get the right information:6% ● NNo problem, tools can help to get information: 14%
---	--	--	--

7	How do you think information can be passed on correctly to avoid scaring the patients? (you can choose more than one option).	<ul style="list-style-type: none"> ● Explain what it is, according to the outlined SOP: 142 ● Due to limited time, it is enough to explain the principles and ask assistants or nurse to explain in detail: 28 	<ul style="list-style-type: none"> ● Listen more from patients and their families: 76 ● PPersuasive approaches, particularly those "patient centered": 173; Others: 27
---	---	--	--

8	Experts state that communication between doctors and patients needs to get rid of the uncertainty experienced by patients. Please select the cause of "uncertainty" that you think is important (there can be more than one choice)	<ul style="list-style-type: none"> ● Disease complexity: 116 ● Quality of information obtained (from various parties): 154 ● MMisleading information from media/social media: 163 	<ul style="list-style-type: none"> ● The patient's disease prognosis: 70 ● OOthers, none of the abovementioned: 24
---	---	--	--

Theme #3: Information and Stigmatization of COVID-19

9	If a patient receives correct information, they may change	<ul style="list-style-type: none"> ● Strongly agree: 35.3% 	<ul style="list-style-type: none"> ● Disagree: 0.7%
---	--	---	--

	their attitude. In turn, they will be more open to doctors.	<ul style="list-style-type: none"> ● AAgree: 57%; 	<ul style="list-style-type: none"> ● SStrongly Disagree: 0% ● Don't know: 7%
10	If patients aren't open or dishonest to their doctors, what do you think might be the cause? (you can choose more than one option)	<ul style="list-style-type: none"> ● Shame, fear of being ostracized by family, neighbor, friend: 175 ● Lack of correct information from doctors or hospitals: 85 ● Poor communication between doctors and patients: 67 	<ul style="list-style-type: none"> ● Many reports that the patient is often bullied, alienated by the environment: 146 ● The assumption that anyone who has the disease is considered a bad person: 129
11	The old media and social media play a role in extending information to the public. This results in the risk of misinformation when news is falsely reported, which in turn harms many people. What do you think should be done? (You can choose more than one option).	<ul style="list-style-type: none"> ● It can mislead audiences: 128 ● It can lead to stigma and discrimination in society (e.g., COVID-19 disease): 150 ● Journalism ethics really need to be upheld: 102 	<ul style="list-style-type: none"> ● Doctors need to improve communication skills & media literacy: 148 ● Society needs to improve their media literacy: 112

Note: All the above questions are originally written in Indonesian

Results

The researchers examined a total of 221 medical doctors and interviewed four COVID-19 survivors or their family members. Table 1 reveals participant characteristics in sex, age, and setting of practice. Table 2 indicates the same characteristics with FGD participants. 46.6% of physician respondents were between 40 to 58 years old. All practice settings were in Jakarta area, with most study respondents living in Jakarta, the capital city and the epicenter of the COVID-19 outbreak in Indonesia.

Quantitative Findings

Table 3 illustrates response ranges for the eleven questions to participants according to three main themes per the research questions. Summary of those responses are outlined in narrative description, which is followed by summary in Table 4.

74% of respondents encountered patients with lack of honesty or openness about their health condition. 55% stated that 1-2 patients out of every 10 patients lied or covered up about their illness, 27% physicians

indicated 3-5 of 10 patients not telling the truth, while 10.9% noted that 6-8 of 10 patients did not speak the truth about their illness condition. 195 doctors believed that some patients who have diseases related to sexual behaviour (e.g., HIV/AIDS) were untruthful about their condition. 38 respondents indicated patients may have chronic disease, e.g., diabetes and hepatitis. 195 respondents indicated patients' diseases with a stigma, e.g., tuberculosis and COVID-19, were untruthful about their disease condition. 121 physicians thought patients had pandemic diseases, including COVID-19.

Through physicians-patient communication/interaction, 88.2% affirmed that patients may doubt doctor's competence and diagnosis because of poor communication between doctor and patient. 97.3% presumed that dishonest patients may hinder the doctor's efforts in diagnosis of physical and mental conditions, which may interfere with the doctor's duties. 30.8% of respondents noted considerable difficulty for correct diagnosis because of this, while 50.7% indicated possible misdiagnosis and 6% stated that there was no communication problem.

With delivery of correct information to avoid patient fear, 173 use persuasive approaches. In addition, 142 doctors also explain from outlined Standard Operating Procedures (SOP). The results reveals that 76 doctors would listen more to patients and their families, while 28 respondents explain only the principal information and ask nurses or assistants to give details. Respondents considered "uncertainty" to stem from misleading information from media/social media (163), quality of information obtained from various parties (154), disease complexity (116 respondents), and patient's disease prognosis (70).

With the influence of accurate and fake news towards stigmatization of COVID-19, 92% of respondents agree that a patient's attitude may be changed with more openness to doctors' receipt of correct information. 175 doctors stated reasons as patient embarrassment or possible ostracization from family, friends, and neighbours. On the other hand, 146 respondents noted that the patient is often bullied and alienated by the environment due to news reports from media/social media. 85 doctors perceived a lack of correct information from doctors or hospitals, with 67% perception of poor doctor-patient communication. 129 respondents noted an assumption per media/social media that anyone with the disease is considered a "bad person". The term "bad person" was closely related to certain negative feelings which originated from, or linked to, fear or resentment, or both.

Finally, respondents gave opinions regarding harm to people from false reporting of accurate news. 150 contended that it can lead to stigma and discrimination in society, e.g., COVID-19 disease. 148 stated that doctors need to improve their communication skills and media literacy. 128 indicated

that false reporting can mislead audiences. 112 doctors suggested society's improvement of media literacy and 102 respondents noted the need for journalism ethics to be upheld.

Table 4. Summary of Quantitative Findings

Finding	Description
Doctor's response on patient behaviour toward COVID-19 stigma	<ul style="list-style-type: none"> ● 92% reported that patients lied, covered up, or did not tell truth about their illness condition. ● 74% reported patients' lack of honesty/openness about health conditions. ● Perceived issues for lack of honesty related to sexual behaviours, chronic disease, diseases with stigma such as tuberculosis or COVID-19, and presence of pandemic diseases such as COVID-19.
Doctor's response on physician-patient communication/interaction.	<ul style="list-style-type: none"> ● 97.3% presumed patients' dishonesty could hinder diagnosis. ● 88.3% affirmed patients' doubt of doctor's competency/diagnosis due to poor communication. ● 50.7% reported possible misdiagnosis per poor communication. ● 30.8% noted considerable difficulty to correctly diagnose. ● 6% perceived no problem per communication.
Delivery of correct information to avoid patients' fear.	<ul style="list-style-type: none"> ● 78.3% used persuasive approach while 64.2% used referencing Standard Operating Procedures. ● 34.3% would listen more to patients and families. ● 12.7% would explain only the principal information and ask nurses/assistants to give details.
Perceived sources of uncertainty for patients	<ul style="list-style-type: none"> ● 73.7% misleading information from media/social media. ● 69.7% quality of information from various parties. ● 52.5% per disease complexity ● 31.7% patient's disease prognosis

Influence of accurate and fake news towards stigmatization of COVID-19

- 92% patient attitude could be changed with more openness to doctors' receipt of correct information.
- 79.2% influence per patient embarrassment or possible ostracization from family, friends, and neighbours.
- 66.0% news reports of patient bullying and alienation by environment.
- 58.4% assumption per media/social media that anyone with COVID-19 is a "bad person" per negative feelings of fear and/or resentment.
- 38.5% lack of correct information from doctors or hospitals.

Perception of harm from false news reporting

- 67.9% can lead to stigma and discrimination in society.
- 67.0% doctors need to improve communication skills and media literacy.
- 58.0% false reporting can mislead audiences.
- 50.7% need for society to improve media literacy.
- 46.1% need for journalism ethics to be upheld.

Qualitative Findings

With patient behaviour towards COVID-19 stigma, 30–40 % of the participants noted lack of truth from patients. When patients first arrived, they covered up their illnesses. However, findings from lab tests such as lung X-rays or swab tests were COVID-19 positive. A respondent noted "Some consider it a disgusting disease with fear of being ostracized. Consequently, COVID-19 patients going to the hospital tend to cover up their illnesses."

One participant cited near respiratory failure for many patients where families stated uncertainty about the cause until further inquiry produced knowledge of positive COVID-19 status. The respondent noted possible causes from stigma - "the patients are treated at home, but when it becomes critical, he/she is taken to the hospital; but because it is too late, the patient finally dies." One respondent indicated 30% of his patients denied the reality of their condition and gave an example "*the patient said, 'I didn't have a fever, I had nothing.'* Thus, he looked for justifications or looked for other causes to his complaints in the effort to escape from being diagnosed as COVID-19."

Based on physicians-patient communication, most participants confirmed difficulties with COVID-19 patients being untruthful or suppressing their disease condition. Informant 1 noted that patient concealment when diagnosed would prolong the examination process and raise potential for transmission to more people. Informants 2 and 5 noted difficulty in establishing differential diagnosis between upper respiratory tract infections, pneumonia, and COVID-19. Informant 4 indicated that stigmatized diseases such as COVID-19 require transparency, stating that: *“Since COVID-19 has become a pandemic case, it must become the first differential diagnosis every physician concludes in the earlier step of the diagnosing process, prior to making a definitive one.”*

Additional reasons for patients' concealment of condition were stigma, dread of isolation and loneliness, or perhaps a natural introverted patient personality. Informant responses included patients seeking second physician opinions to find desired answer, fear of declaration as a COVID-19 patient and resultant disgrace or embarrassment, fear of death from COVID-19 per the current burial protocol, and need for a clear story from the patient and family with a trusting doctor-patient relationship.

Participant opinions varied on misinformation and fake news about stigmatization of COVID-19. Opinions included perception of hoaxes circulating through social media, difficulty from media channels with disseminating information, need for doctors to educate the public about COVID-19, and for government agencies to conduct more frequent blasting of information related to hoax news on COVID-19.

The four patient/family interviews included additional insight with two informants seeming to hide their health conditions and two apparently unafraid to tell the truth to doctors and healthcare workers.

- One survivor said *“COVID-19 is real even though the symptoms are different and contagious, and until now the disease is scary but not as frightening as in previous months”*. This informant revealed that the experience of exposure to COVID-19 in early December 2020 was very unpleasant. She experienced negative social treatment in her neighbourhood after returning home, even though she was cured.
- A second informant stated that his symptoms were not severe but prolonged, i.e., *“it took the whole month for his body to return to normal.”* The attitude and views of co-workers were very uncomfortable when the informant was still positive for COVID-19 even though results of his smears were negative.
- The third informant indicated sadness because her mother died in the emergency room due to lack of treatment place as many hospitals were fully occupied. In regard to stigma, she reported that colleagues in her office stated that COVID-19 was a disease of many sinners.

- The last informant had a child with COVID-19. With initial exposure, this child experienced cough and fever. Physician examination revealed positive results from a throat and anal swab test. At first, the informant was very shocked with confirmation of her child having COVID-19 but did not consider it a shameful disease - *“I consciously shared all my child’s symptoms with the doctor because I wanted a quick diagnosis so that the doctor could give the right medication.”*

Representative responses from qualitative data collection are presented below in Table 5.

Table 5. Summary of Qualitative Findings

Finding	Representative Responses
Response on patient behaviour toward COVID-19 stigma	<ul style="list-style-type: none"> ● Illness is covered up due to the perception of it as a disgusting disease with possible ostracization. ● Near respiratory failure for many patients with initial family uncertainty about cause. ● Families just keep patient in at-home treatment until critical, then go to hospital when it is too late and the patient dies. ● Patients claimed other causes for symptoms to escape COVID-19 diagnosis.
Response on physician-patient communication/interaction.	<ul style="list-style-type: none"> ● Patient concealment prolonged diagnostic process and raised potential for transmission to more people. ● Difficulty with differential diagnosis between upper respiratory tract infections, pneumonia, and COVID-19. ● Stigmatized diseases such as COVID-19 require transparency. Therefore, it should be the first differential diagnosis before making a definitive diagnosis.
Additional reasons for patients’ concealment of condition	<ul style="list-style-type: none"> ● Stigma, disgrace, or embarrassment per a COVID-19 diagnosis ● Dread of isolation or loneliness ● Natural introvert patient personality ● Patients seeking a second physician opinion ● Fear of death due to the current burial protocol ● Need for clear story from the patient and family with a trusting doctor-patient relationship.

	<ul style="list-style-type: none">● 73.7% misleading information from media/social media● 69.7% quality of information from various parties● 52.5% per disease complexity● 31.7% patient's disease prognosis.
<hr/> <p>Influence of accurate and fake news toward stigmatization of COVID-19</p>	<ul style="list-style-type: none">● Perceptions varied on misinformation and fake news about stigmatization of COVID-19.● Opinions included<ul style="list-style-type: none">- Perception of hoaxes circulating through social media- Difficulty with media channel dissemination of information- Need for doctors to educate the public about COVID-19.- More dissemination of information from government agencies about possible hoax news.
<hr/> <p>Input from patient/family interviews</p>	<ul style="list-style-type: none">● Disease was more frightening to recipients during early months due to more negative social treatment upon returning home, even after been cured.● Symptoms not severe but prolonged – a whole month for the body to return to normal.● Avoidance attitude by co-workers, with some stating that COVID-19 was a disease of many sinners.● Sadness per death of a mother in an emergency room due to lack of treatment space and full hospital occupancy.● Shock upon learning that respondent's child had covid. The respondent consciously shared all symptoms with doctor to get quick diagnosis and treatment per cough and fever of the child.

Discussion

This study provided answers to each of the research questions as indicated by further discussion below.

RQ1: How are doctors communicating and coping with mental health issues, i.e., stigma, because of COVID-19?

Research indicates that most doctors understand patient embarrassment and fear of ostracization by family, neighbours, and friends.

146 doctors associated the stigma with media/social media, which results to patients being bullied or alienated by their environment. 129 physicians related this to media/social media assumptions that anyone with the disease was a “bad person”. 85 respondents indicated lack of correct information from doctors or hospitals, and 67 respondents identified poor communication between doctors and patients.

RQ2: Can the stigma of COVID-19 prevent patients and survivors from being open and honest about their illness?

This research has shown a tendency for patients to hide the truth of their signs of disease or health conditions during interviews with doctors. Both quantitative and qualitative data reveal that many individuals are reluctant to disclose their true positions for fear of being stigmatized by the people around them. Findings indicate that doctors agree that stigmatization of COVID-19 prevents patients and survivors from being candid and honest about their illness. Thompson et al. (2003) noted the tendency for people to assume that communication to others is true. Hence, there is a tendency for health care providers to conceal some truth from patients to avoid the harmful impact of “bad news.”

RQ3: How do physicians improve the quality of their communication with patients related to the stigma of COVID-19?

Health care providers can improve the efficacy of provider-patient communication through self-disclosure on their part. Deering (1999) in Thompson et al. (2003) discussed the positive impact of provider self-disclosure to promote patient self-disclosure. Examples given were patient education and support for patients who require emotional catharsis. This support was especially beneficial in the context of delivery of bad news.

RQ4: Does fake information trigger the stigmatization of COVID-19 and how are doctors trying to neutralize it?

With the FGD and patient/family interviews, most doctors confirmed survey results of difficulty examining COVID-19 patients who hid their disease condition. One doctor noted hindrance in differentiation between similar symptoms with other illnesses such as usual upper respiratory tract infections, pneumonia, and COVID-19. Doctors communicate differently with such cases, such as emphasizing the need for a trusting doctor-patient relationship. This would help the doctor know everything with a clear story from the patient and family. More so, the patients can be guided about wrong medication or mistreatment, which could endanger the patient or prolong the treatment.

Limitations of Study

First, the research was only among physicians in Jakarta and did not cover the experience and perspectives of medical doctors from outside the

capital city. Second, the authors only delved into answers from doctors and have not sufficiently integrated the lens of patients. The survey was carried out among patients with 283 respondents. Nonetheless, the information has not been comprehensively included in this study, but rather provides a foundation for further research.

Recommendations for Further Research

The continuance of Covid problems per additional variants indicates the need to continue research into prevention efforts, efficacy of interventions already employed, or implications for additional interventions beyond these. Global impact of the pandemic indicates more opportunity for further research.

Conclusion

A prolonged crisis, such as the COVID-19 pandemic, threatens the lives of many people. However, this can provide opportunities to clarify and uncover creative ways for doctors to overcome challenges in communication with their patients. Literature highlights show the importance of openness in doctor-patient interaction. Synthesis of quantitative and qualitative data in this study shows strong relationship between stigma (based on Goffman's theory), interpersonal doctor-patient communication, and integration of a closed attitude of people stigmatized because of shame, anxiety, and fear. New empirical evidence outlines social effects of COVID-19 stigma. Firstly, social stigma creates a tendency for patients to hide their illness and be untruthful with their doctors, even with possible fear of death. Secondly, social stigma built up through mainstream media/social media can increase patient fear and anxiety about the negative effects of stigmatization. Overall, a number of COVID-19 patients and survivors have hidden their disease conditions with increased potential of danger for the patients themselves and those around them, such as families.

Based on the research questions and the purpose of this study, it can be concluded that during a crisis such as a pandemic, when patients are often socially stigmatized, it is imperative for doctors to find creative ways in communicating with their patients so as to enhance honesty and openness about their illnesses. By doing so, the result will not only comfort patients' mental condition but also help the physicians in producing effective and accurate diagnoses which, in turn, is also important to prevent further spread of the disease to their surroundings.

References:

1. Ahmed, R. & Bates, B.R. (2013). "Communicating Health through Mass Media: An Overview; "Introduction" in Ahmed, Rukhsana. and

- Bates, Benjamin B. (2013) "*Health communication and mass media: an integrated approach to policy and practice.*" New York: Routledge.
2. Ali, H. M., Batta, H., & Ogaraku, H. C. (2021). Communicating COVID-19 Pandemic on Facebook: Illustrations from Users' Screenshots from Nigeria and Bangladesh. *Asian Journal of Media and Communication (AJMC)*, 5(1).b
 3. Amindoni, A. (2021). COVID-19 Indonesia tembus satu juta: Pasien ditolak rumah sakit, kasus harian mulai rutin di atas 10.000, dan kuburan penuh [Indonesia's Covid-19 surpasses one million: Patients are rejected by hospitals, daily cases start routinely above 10,000, and graves are full]. *BBC News Indonesia*. Retrieved from <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-55817115>
 4. Assegaff, S. B. (2020). Jangan meninggal akibat corona [Don't die from corona]. *Detik.com*. Retrieved from <https://news.detik.com/kolom/d-4982048/jangan-meninggal-akibat-corona>
 5. Bhattacharya, P., Banerjee, D., & Rao, T. S. (2020). The "Untold" side of COVID-19: Social stigma and its consequences in India. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 42(4), 382-386. <https://doi.org/10.1177/0253717620935578>
 6. Biss, M. (2020). COVID-19 and the therapeutic value of communication. *Journal of Communication in Healthcare*, 13(4), 260-261. <https://doi.org/10.1080/17538068.2020.1835328>
 7. Breitbart, W. & Alici, Y. (2014). *Psychosocial palliative care*. Oxford: Oxford University Press.
 8. Cassiani-Miranda, C. A., Campo-Arias, A., Tirado-Otálvaro, A. F., Botero-Tobón, L. A., Upegui-Arango, L. D., Rodríguez-Verdugo, M. S., Botero-Tobón, M. E., Arismendy-López, Y. A., Robles-Fonnegra, W. A., Niño, L., & Scoppetta, O. (2020). Stigmatisation associated with COVID-19 in the general Colombian population. *International Journal of Social Psychiatry*, 002076402097244. <https://doi.org/10.1177/0020764020972445>
 9. Creswell, J. W. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative & mixed methods approaches* (5th, International student ed.). Thousand Oaks, California: SAGE Publications, Inc.
 10. Dalma, A., Karnaki, P., Zota, D., Veloudaki, A., Ellis-Montalban, P., Dotsikas, K., Christophi, C. A., Ioannidou, E., Patouris, E., Themistokleous, S., Batury, V., Linke, M., Berth, H., Sakowski, P., Darias-Curvo, S., & Linos, A. (2020). Physician-patient communication: A qualitative study of perceptions, barriers, and needs in four European member states. *Journal of Communication in*

- Healthcare*, 13(4), 301-313. <https://doi.org/10.1080/17538068.2020.1790080>
11. Dye, T. D., Alcantara, L., Siddiqi, S., Barbosu, M., Sharma, S., Panko, T., & Pressman, E. (2020). Risk of COVID-19-related bullying, harassment and stigma among healthcare workers: An analytical cross-sectional global study. *BMJ Open*, 10-12, e046620. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046620>
 12. Goffman, E. (2017). Selection from stigma. In L. J. Davis (Ed.), *The disability studies reader* (5th ed.). New York, NY: Routledge.
 13. Grover, S., Dua, D., Sahoo, S., Mehra, A., Nehra, R., & Chakrabarti, S. (2020). Why all COVID-19 hospitals should have mental health professionals: The importance of mental health in a worldwide crisis! *Asian Journal of Psychiatry*, 51, 102147. <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2020.102147>
 14. Harrington, N. G. (Ed). (2015). *Health communication: theory, method, and application*. New York: Routledge.
 15. Kusow, A. M. (2004). Contesting stigma: On Goffman's assumptions of normative order. *Symbolic Interaction*, 27(2), 179-197. <https://doi.org/10.1525/si.2004.27.2.179>
 16. Marcoes, L. (2020). Covid-19 kills as stigma harms families and society. Opinion. *TheJakartaPost.com*. Retrieved from <https://www.thejakartapost.com/academia/2020/06/19/covid-19-kills-as-stigma-harms-families-and-society.html>
 17. Oh Sang-Hwa, Lee Seo Yoon, & Han Changhyun (2020). The Effects of Social Media Use on Preventive Behaviors during Infectious Disease Outbreaks: The Mediating Role of Self-relevant Emotions and Public Risk Perception. *Health Communication*, DOI: 10.1080/10410236.2020.1724639.
 18. Omicron: the global response is making it worse (2021). *Nature*, 600(7888), 190.
 19. Pavlova, A. & Berkers, P. (2020). Mental health discourse and social media: Which mechanisms of cultural power drive discourse on Twitter. *Social Science & Medicine*, 263, 113250. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113250>
 20. Ramaci, T., Barattucci, M., Ledda, C., & Rapisarda, V. (2020). Social Stigma during COVID-19 and its Impact on HCWs Outcomes. *Sustainability*, 12(9), 3834.
 21. Rela, I.Z., Ramli. Z., Firihi, M.Z., Widayati, W., Awang, A.H., & Nasaruddin, N. (2022). COVID-19 risk management and stakeholder action strategies: Conceptual frameworks for community resilience in the context of Indonesia. *International Journal Environmental Resilience Public Health*, 19(15), 8908.

22. Rizal, J.G. & Nugroho, R.S. (2020). Sudah 507 nakes meninggal karena Covid-19, terbanyak di bulan Desember [Already 507 health workers have died due to Covid-19, the most in December]. *Kompas.com*. Retrieved from <https://www.kompas.com/tren/read/2020/12/29/130000965/sudah-507-nakes-meninggal-karena-covid-19-terbanyak-di-bulan-desember?page=all>.
23. Roberto, K. J., Johnson, A. F., & Rauhaus, B. M. (2020). Stigmatization and prejudice during the COVID-19 pandemic. *Administrative Theory & Praxis*, 42(3), 364-378. <https://doi.org/10.1080/10841806.2020.1782128>
24. Schulze, S. (2003). Views of the combination of quantitative and qualitative research approaches. *Progressio*, 25(2), 8-20.
25. Shorten, A. & Smith, J. (2017). Mixed methods research: Expanding the evidence base. *Evidence Based Nursing*, 20(3), 74-75. doi:10.1136/eb-2017-102699
26. Shelton, T. (2020). A post-truth pandemic? *Big Data & Society*, 7(2), 205395172096561. <https://doi.org/10.1177/2053951720965612>
27. Shneider, A., Kudriavtsev, A., & Vakhrusheva, A. (2020). Can melatonin reduce the severity of COVID-19 pandemic? *International Reviews of Immunology* 39(4), 153–162. <https://doi.org/10.20944/preprints202004.0122.v1>
28. Syakriah, H. (2020). For some Indonesians, COVID-19 stigma worse than disease. *TheJakartaPost.com*. Retrieved from <https://www.thejakartapost.com/news/2020/08/30/for-some-indonesians-covid-19-stigma-worse-than-disease.html>
29. Sulistiadi, W., Slamet, S. R., & Harmani, N. (2020). Handling of public stigma on COVID-19 in Indonesian society. *Kesmas: National Public Health Journal*, 15(2). <https://doi.org/10.21109/kesmas.v15i2.3909>
30. The Economist (2021). *Many in China are strikingly accepting of harsh virus controls*. (2021).. Retrieved from <https://www.economist.com/china/2021/01/16/many-in-china-are-strikingly-accepting-of-harsh-virus-controls>
31. Thompson, T. L., Dorsey, A., & Miller, K. I. (Editors). (2003). *Handbook of health communication*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
32. Tyler, I. & Slater, T. (2018). Rethinking the sociology of stigma. *The Sociological Review*, 66(4), 721-743. <https://doi.org/10.1177/0038026118777425>

33. Wahyuni, H.I. & Fitrah, A. A. (2022). Pandemic in the complexity of the Digital Era: How online media in Indonesia construct the reality of COVID-19. *Pacific Journalism Review*, 28 (1/2). 84 - 102.
34. Wang, S., Wen, X., Dong, Y., Liu, B., & Cui, M. (2020). Psychological Influence of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic on the General Public, Medical Workers, and Patients With Mental Disorders and its Countermeasures. *Psychosomatics*, 61(6), 616-624. <https://doi.org/10.1016/j.psych.2020.05.005>
35. WHO, World Health Organization (2020) A guide to preventing and addressing social stigma associated with COVID-19. Retrieved from: https://www.who.int/publications/m/item/a-guide-to-preventing-and-addressing-social-stigma-associated-with-covid-19?gclid=Cj0KCQjwgtWDBhDZARIsADEKwgMsFnCoRNam_lmQznO2_MqvojaMz1fk6kgThUbd7lr6fRW3vwWHYaAoy4EALw_wcB

Síndrome de Burnout y Sobrecarga Laboral de Enfermería en el Área COVID-19

Paulina Ríos Fuentes, Pasante de Enfermería en Servicio Social
Rosa Isela Rodríguez Rivera, Pasante de Enfermería en Servicio Social
Susana Angélica Dorantes Gómez, Maestra en Ciencias de Enfermería
Ruth Magdalena Gallegos-Torres, Doctora en Ciencias de la Salud
Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Enfermería, México

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p284](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p284)

Submitted: 27 June 2022

Accepted: 27 September 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Fuentes P.R., Rodríguez Rivera R.I., Dorantes Gómez S.A. & Gallegos-Torres R.M. (2022). *Síndrome de Burnout y Sobrecarga Laboral de Enfermería en el Área COVID-19*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 284. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p284>

Resumen

Introducción: A nivel mundial, existen escasos estudios donde relacionan el Síndrome de Burnout con la Sobrecarga laboral manifestado en trastornos psicosomáticos en el personal de enfermería. **Objetivo:** Determinar la relación entre la sobrecarga laboral y prevalencia del Síndrome de Burnout en el personal de enfermería que labora dentro de las diferentes áreas COVID del Antiguo Hospital General Querétaro durante la pandemia del coronavirus SARS-COV2. **Metodología:** Estudio observacional, transversal, descriptivo-correlacional, realizado en 70 profesionales de enfermería mediante muestreo por conveniencia en el Hospital COVID del estado de Querétaro, México. Se les aplicó el instrumento “EDO: Escala de Desgaste Ocupacional (Burnout)” del Dr. Uribe Prado, donde se incluyeron datos sociodemográficos, desgaste ocupacional y factores psicosomáticos manifestando la sobrecarga laboral. El proyecto fue evaluado y aprobado por un Comité de Investigación y un Comité de Bioética. Los datos se analizaron en el programa Microsoft Excel, obteniendo la correlación de Pearson, desviación estándar y medidas de tendencia central. **Resultados:** Se obtuvo que el 74.28% fueron mujeres y el 25.71% hombres, entre 23 a 44 años, que estuvieron en contacto directo con enfermos por COVID.19. El 60% de los profesionales de enfermería se encontraron con un Desgaste ocupacional Alto y los trastornos psicosomáticos más afectados son la ansiedad (23.4%), el dolor (23.1%) y el sueño (18.2%).

Se obtuvo una correlación positiva débil de 0.15. **Conclusión:** El personal de enfermería no se encuentra tan desgastado debido a las estrategias de afrontamiento institucionales y a que se encuentran acostumbrados a un ambiente laboral estresante.

Palabras clave: Síndrome de Burnout, Sobrecarga Laboral, Trastornos Psicossomáticos, Personal de enfermería, COVID-19

Burnout Syndrome and Nursing Work Overload in the COVID-19 Area

Paulina Ríos Fuentes, Pasante de Enfermería en Servicio Social
Rosa Isela Rodríguez Rivera, Pasante de Enfermería en Servicio Social
Susana Angélica Dorantes Gómez, Maestra en Ciencias de Enfermería
Ruth Magdalena Gallegos-Torres, Doctora en Ciencias de la Salud
Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Enfermería, México

Abstract

Introduction: Worldwide, there are few studies that relate Burnout Syndrome with Work Overload manifested in psychosomatic disorders in nursing staff. **Objective:** To determine the relationship between work overload and prevalence of Burnout Syndrome in nursing staff working in the different COVID areas of the Antiguo Hospital General de Querétaro during the SARS-COV2 coronavirus pandemic. **Methodology:** Observational, cross-sectional, descriptive-correlational study, carried out on 70 nursing professionals through convenience sampling at the COVID Hospital in the state of Querétaro, Mexico. The instrument "EDO: Escala de Desgaste Ocupacional (Burnout)" by Dr. Uribe Prado was applied, which included sociodemographic data, occupational wear and psychosomatic factors manifesting work overload. The project was evaluated and approved by a Research Committee and a Bioethics Committee. The data was analyzed in the Microsoft Excel program, obtaining Pearson's correlation, standard deviation and measures of central tendency. **Results:** It was found that 74.28% were women and 25.71% men, between 23 and 44 years old, who were in direct contact with patients with COVID-19. 60% of the nursing professionals found themselves with a High Occupational Burnout and the most affected psychosomatic disorders are anxiety (23.4%), pain (23.1%) and sleep (18.2%). A weak positive correlation of 0.15 was obtained. **Conclusion:** The nursing staff is not so worn out due to institutional coping strategies and because they are used to a stressful work environment.

Keywords: Burnout Syndrome, Work Overload, Psychosomatic Disorders, Nursing staff, COVID-19

Introducción

El estrés es un fenómeno mundial padecido a cualquier edad. “Es una reacción fisiológica provocada por alguna situación difícil, ya sea física o emocional que pone al cuerpo en un estado de alerta; esto suele venir de cualquier situación o pensamiento que provoca sentimientos de tristeza, nerviosismo o incluso furia. Muchas veces este mecanismo de defensa obliga a nuestro cuerpo a dar el máximo y a la larga termina en forma de algún tipo de enfermedad o problema de salud”. En pequeñas cantidades el estrés puede ser positivo, como cuando ayuda a evitar un peligro, este tipo recibe el nombre de eustrés (Ávila, 2014, párr. 5).

El problema sucede cuando el estrés es constante causando un estado de oposición. Por lo regular se presenta en ciertas circunstancias, como por ejemplo la sobrecarga laboral, donde los turnos o el trabajo son excesivos y demandantes, e incluso también, en las presiones económicas y sociales, a tal grado que inconscientemente provoca que la persona se sienta amenazada, generándole una sensación de incomodidad. Si se continúa manteniendo durante mucho tiempo, puede generar un estado de agotamiento con repercusiones a nivel funcional e incluso orgánicas, provocando que la persona no se encuentre en un balance biopsicosocial (Herrera, et al. 2017).

Cuando existe una relación negativa entre el estrés excesivo y el entorno laboral que ocasione un cansancio directamente a la persona, se le conoce como “burnout”, este término fue utilizado por primera vez en el año de 1974 por el psiquiatra y psicólogo americano Herbert Freudenberger en su libro “Burnout: The High Cost of High Achievement”, publicado en enero de 1980 (Saborío & Hidalgo, 2015).

Así mismo la profesora Maslach, clasifica al Síndrome de Burnout (SB) como un fenómeno progresivo que afecta la calidad y bienestar de vida de la persona que lo padece. Al momento de realizar su estudio, la autora consideró los aspectos emocionales que intervienen en el burnout, mencionando que “la tensión laboral es una variable que interviene significativamente en el proceso de estrés y agotamiento psíquico” (Olivares, 2017, párr. 3), además plantea que, involucrando las estrategias correctas de afrontamiento, el individuo logra mejorar su identidad profesional y su conducta laboral.

Considerando los acontecimientos de Freudenberger y de Maslach (Olivares, 2017), se puede identificar que han descrito al burnout como un problema individual y social relacionado al estrés profesional, es así como el punto de vista de ambos autores da a conocer dos perspectivas diferentes, por

un lado, el punto de vista clínico enfocado a la salud del trabajador y por otro el ámbito psicosocial, enfocado al momento de interactuar y hacer las actividades laborales.

Las tres dimensiones que caracterizan fundamentalmente al síndrome de desgaste profesional son el agotamiento emocional (consecuencia de la disminución de la capacidad de afrontar situaciones laborales), despersonalización (pérdida del tacto emocional que impide cumplir y obtener los resultados deseados en el trabajo) y satisfacción o insatisfacción al logro (respuestas negativas hacia sí mismo y su trabajo, que afecta la habilidad y relación con las personas a las que se brinda el servicio) (Grisolia, 2016).

La palabra “burnout” es un término difícil de traducir, coloquialmente se describe como el simple agotamiento o estar exhausto a causa de la actitud laboral. Sin embargo, en el vocablo español de México, se traduce a estar “quemado, consumido, tronado o reventado”, debido a esto, como ninguna expresión se ajusta a la descripción científica que previamente se ha estudiado, durante el desarrollo del tema se usará el término “burnout o Síndrome de Burnout (SB)” (Graue, Álvarez y Sánchez, 2007).

La carga de trabajo se define como el grupo de requerimientos psicofísicos a los que se somete un trabajador en su jornada laboral. Antiguamente, sólo se medía el esfuerzo físico, como malas posturas, esfuerzo fuera de lo común y la ergonomía del lugar; ahora también se evalúa el esfuerzo mental (Bizneo, 2020), que hace referencia a las aptitudes cognitivas e intelectuales de los trabajadores al recibir e interpretar información durante su trabajo (Almudéver y Pérez, 2019).

Esta sobrecarga, produce diversos efectos, algunos de ellos son el estrés, la tensión física y psicológica, baja motivación y satisfacción laboral, trastornos fisiológicos y psicosomáticos, ausentismo laboral, alcoholismo y tabaquismo (Patlán, pág. 448, 2013).

Ana Alcayaga, directora de Ingeniería en Prevención de Riesgos y Medioambiente de la Universidad San Sebastián (USS) plantea que “la creencia de que la sobrecarga laboral es un tema personal de cada trabajador ha quedado obsoleta; hoy en día, este ítem es un factor de riesgo psicosocial” debido a la intensificación de las jornadas laborales (Alcayaga, 2016, párr 1).

Durante el año 2020, se presentó un evento que puso al límite al mundo, una pandemia para la cual nadie estaba preparado, derivada por el coronavirus SARS-COV2 y que hizo aún más notoria la falta y ausencia del personal del área de salud. El impacto a nivel mundial se hizo presente con el veloz incremento de casos de este padecimiento, obligando a las autoridades de salud a convertir hospitales en nosocomios COVID.

En el artículo “El coronavirus, declarado oficialmente como pandemia por la OMS” (Ruiz, 2020) se describe que el personal sanitario que se encuentran en la primera línea contra el COVID-19, están experimentando

condiciones que afectan su salud mental, esto a causa del miedo y preocupación por propagar la infección a sus seres queridos, las cargas de trabajo y el aislamiento, presentando un mal manejo del estrés lo que poco a poco fue aumentando la presencia del SB.

Este evento hizo más evidente la demanda de enfermería en cuanto a las condiciones laborales, la retribución y la visibilidad social de la profesión. Como lo mencionan Souza et al, (2021), existe personal de enfermería que al ser discriminados por su comunidad se vieron obligados a brindar atención médica, y en su caso contrario, se fue presentando una disminución de profesionales debido a que contaban con factores de riesgo o simplemente por decisión propia.

La doctora en Enfermería Nasrin Galehdar, et al. (2020), afirma que “se ha reportado estrés psicológico y ansiedad en el personal de salud que está al frente de la lucha contra el COVID-19 en medio del brote” (párr. 3). También menciono que enfermería se encuentra entre las profesiones más involucradas en la lucha contra el coronavirus, pues son ellos quienes normalmente están en contacto directo con los pacientes desde su admisión hasta su momento de alta.

Con base a lo anteriormente planteado, se considera de gran importancia indagar respecto a las variables ya señaladas, con el objetivo de determinar la relación entre la sobrecarga laboral y prevalencia del Síndrome de Burnout en el personal de enfermería que labora dentro de las diferentes áreas COVID del Antiguo Hospital General Querétaro durante la pandemia del coronavirus SARS-COV2.

Metodología

Estudio cuantitativo, con enfoque observacional y transversal, descriptivo-correlacional, realizado con el personal de enfermería del Hospital COVID (Antiguo Hospital General de Querétaro de la Secretaría de Salud del Estado de Querétaro), unidad destinada a la atención exclusiva de pacientes con SARS-COV-2 y enfermedades respiratorias, durante la contingencia iniciada en el año 2020.

En dicho hospital, se implementó una organización de los pacientes mediante una semaforización para la mejor distribución de los casos, distribuidos de la siguiente manera:

- Verdes: Pacientes estables, ubicados en el primer piso.
- Amarillos: Pacientes con algunas complicaciones, situados en el segundo piso.
- Rojos: Pacientes más delicados, ubicados en el tercer piso y terapia intensiva.

Actualmente, este hospital ha sido desmantelado (junio de 2022) y el personal ahora se ubica en el Nuevo Hospital General. Cuando inició la

pandemia y se convirtió en Hospital COVID, contaba con aproximadamente 400 enfermeros entre trabajadores de base y eventuales estatales, debido a las limitantes para el acercamiento con el personal, se optó por trabajar con una muestra de 70 sujetos. Se consideró al personal de sexo y turno indistinto, haya o no estado enfermo de COVID, que contaba con un año y medio de experiencia, y que hubiese rotado por al menos dos áreas del hospital COVID.

No se tomó en cuenta al personal que no haya laborado o estado contratado durante la pandemia, personas mayores de 60 años y con comorbilidades. Se eliminaron instrumentos que no fueron contestados al 100%, personal que se retiró del estudio por decisión propia y que haya dejado de laborar en el hospital COVID.

En este sentido, se llevó a cabo muestreo por conveniencia, para facilitar el acceso y la disponibilidad del personal para participar, se les brindó el consentimiento informado y en caso de aceptar participar en dicho estudio se les aplicó el instrumento.

El instrumento utilizado se titula “EDO: Escala de Desgaste Ocupacional (Burnout)”, elaborado por el Dr. Jesús Felipe Uribe Prado, profesor e investigador de la Facultad de Psicología de la UNAM. El cual fue implementado en la población general de la Ciudad de México (Uribe, 2016), de igual manera se ha aplicado en funcionarios públicos, cajeros del sector bancario así mismo en el personal de salud (González et al., 2017). El EDO confirmó un alfa aceptable de confiabilidad general de .8910 (Uribe, 2010).

El cuestionario incluye 103 preguntas divididas en tres secciones, la primera sección es referente al Burnout con un total de 30 reactivos subdivididos en Agotamiento Emocional (9 reactivos), Despersonalización (9 reactivos) e Insatisfacción de logro (12 reactivos).

La siguiente sección está destinada a los factores psicosomáticos manifestados a la sobrecarga laboral con un total de 40 reactivos subdivididos en: Sueños (11 reactivos), Psicosexuales (10 reactivos), Gastrointestinales (6 reactivos), Psiconeuróticos (6 reactivos), Dolor (5 reactivos), Ansiedad (1 reactivo) y Depresión (1 reactivos).

Los últimos 33 reactivos estuvieron enfocados a los factores sociodemográficos, donde se incluían edad, sexo, estado civil, escolaridad, puesto de trabajo, tipo de contrato, área donde labora, horas laborales, antigüedad, consumo de sustancias psicoactivas y actividades recreativas.

Se elaboró una base de datos en el programa Microsoft Excel, para el análisis estadístico y proceder a capturar la información, además que en él se llevó a cabo su análisis utilizando el modelo de correlación de Pearson. Respecto al análisis descriptivo, se empleó el uso de datos primarios obtenidos del instrumento mediante las medidas de tendencia central y la desviación estándar para conocer la variabilidad y dispersión de los datos de la muestra para ubicar gráficamente la frecuencia de los valores.

La investigación se fundamentó en los artículos 13°, 14°, 16° y 17° de los aspectos éticos de la investigación en seres humanos y el Capítulo V “De la investigación en grupos subordinados “, publicados en el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de Investigación para la Salud, también se consideró el art. 100 de la Ley General de Salud, la declaración de Helsinki y el Código de Nuremberg.

Resultados

La tabla 1 muestra los aspectos sociodemográficos de los participantes, que como ya se señaló, fueron 70, donde se resaltar que el rango de edad va entre 23 a 44 años con una media de 31.5. La mayoría de los sujetos de estudio fueron mujeres (74.28%) y un 67.14% tiene una pareja sentimental. En su totalidad cuentan con estudio de Licenciatura con un promedio de 8 años trabajando en el puesto de operativo. Durante el punto más crítico de la pandemia, se obtuvo que el 81.42% estuvo en el área roja que fue destinada a pacientes críticos.

Tabla 1. Características sociodemográficas de los participantes

Factores	%	Media	DE	L	H
Sexo					
- Mujeres	74.28%				
- Hombres	25.71%				
Edad		31.5	5.2	23	44
Estado civil					
- Con pareja	67.14%				
- Sin pareja	32.85%				
Años en pareja		6.8	6.7	0	25
¿Tienen hijos?					
- Sí	54.28%				
- No	45.28%				
Contacto con los pacientes					
- Directo	95.71%				
- Indirecto	4.28%				
Área hospitalaria					
- Roja	81.42%				
- Amarillos	17.14%				
- Verdes	1.42%				
¿Cuántos trabajos?		1.1	0.3	1	2
Horas trabajando		9	1.7	7	12
Años laborados en la vida		8	4.9	1	25
Medicamentos frecuentes					
- Sí	18.57%				
- No	81.42%				

Fumas					
- Sí	27.14%				
- No	72.85%				
Bebidas alcohólicas					
- Nunca	48.57%				
- 1 año	27.14%				
- 2 al año	14.28%				
- 1 al mes	8.57%				
- Semanal	1.42%				
Ejercicio físico					
- Sí	48.57%				
- No	51.42%				
* %=Porcentaje, DE=Desviación estándar, L=Valor más bajo, H=Valor más alto.					

Respecto al Desgaste Ocupacional (tabla 2) en sus tres variables (agotamiento, despersonalización e insatisfacción) se observó que un 60% del personal de enfermería se encontraba en una fase 3 de Desgaste Ocupacional Alto considerándose en peligro de quedar "quemado" en cualquier momento, lo cual lo hace preocupante ya que el 5.71% se considera "sano", pues se encuentran en la fase 1 de Desgaste.

Tabla 2. Resultados globales del EDO

Muestra	%	Diagnóstico	Fase
4	5.71%	Sano	1. Bajo
7	10.00%	Normal	2. Regular
42	60.00%	En Peligro	3. Alto
17	24.28%	Quemado	4. Muy alto

En cuanto a los aspectos Psicosomáticos, se obtuvo que los trastornos más reflejados fueron la ansiedad con un 23.4%, seguido del dolor (23.1%), el sueño (18.2%), depresión (17.6%), psiconeuróticos (17.2%), gastrointestinales (17.1%) y psicosexuales con un 14.6%. Con base a la correlación del coeficiente de Pearson que entre las variables de Desgaste Ocupacional y Psicosomáticos enfocados a la Sobrecarga Laboral (tabla 3) hay una correlación positiva débil (0.15), ya que se entiende que las variables son multifactoriales, dependiente de cada persona y su capacidad de afrontamiento al estrés, lo cual indica que aumentan los valores de las variables a la par y se correlacionan directamente.

Tabla 3. Resultado de la correlación de Pearson

Variables	Coefficiente Pearson (r)	Determinación (r ²)
Desgaste Ocupacional	0.15	0.0215
Factores Psicosomáticos		

Discusión

Se conoce que existen diversos estudios sobre las variables abordadas en esta investigación llevados a cabo internacionalmente, pero con la diferencia que se estudian de manera individual y por lo general con trabajadores del sector empresarial. Sin embargo, los estudios sobre la prevalencia del SB en el personal de enfermería son un tema que desarrollan los propios profesionales de la salud, debido a que conocen el ambiente laboral, las limitaciones y las presiones que se llevan a cabo durante el cumplimiento de sus actividades.

En esta investigación, los valores reportados en el personal de enfermería muestran una alta prevalencia por el sexo femenino con un 74.28%. Haciendo referencia a la forma de trabajo, más del 90% reportó estar en contacto directo con los pacientes contagiados por COVID.19, y a pesar de contar con la semaforización, en las tres áreas había pacientes críticos, sin embargo, la mayoría (81.42%) estuvo en el área roja. En un estudio realizado en el 2020 titulado “Exploring nurses’ experiences of psychological distress during care of patients with COVID-19”, publicado por Galehdar et al, (2020), se demostró que el personal de enfermería experimenta estrés en diferentes categorías durante sus actividades enfocadas a los pacientes COVID, además planteó que, mediante una planificación adecuada, es posible reducir los factores que ponen en riesgo la salud mental del personal.

Respecto al SB, se obtuvo que un 60% del personal de enfermería se encuentra en la fase 3 de Desgaste Ocupacional Alto, lo cual hace referencia a estar en peligro de quedar “quemado”, además se obtuvo que la variable más afectada fue el agotamiento emocional con un 82.85%. Estos datos son parecidos a lo reportado por Muñoz junto a otros investigadores en 2018, en su estudio enfocado en el Síndrome de Burnout en enfermeros del Hospital Universitario San José Popayán, Colombia donde obtuvieron que el 15.8% presentaron alto nivel de agotamiento emocional, el 10.8% alta despersonalización y el 9.2% nivel bajo en realización personal (Muñoz, et al, 2018, párr 1). Sin embargo, Nieto et al. (2019), en su investigación “Correlación entre los aspectos personales y laborales con el desgaste profesional de enfermería en un hospital de segundo nivel” realizado en 165 enfermeras, reportaron que 8 de cada 10 enfermeras tienen un nivel medio de desgaste.

En cuanto a la correlación entre las variables Desgaste Ocupacional y Psicosomáticos enfocados a la sobrecarga laboral, se demostró que existe una correlación positiva pero débil, lo que indica que estos aspectos se encuentran afectados por múltiples factores, como lo expresa Patlán en su artículo denominado efecto del burnout y la sobrecarga en la calidad de vida en el trabajo, realizado en México con una muestra de 673 trabajadores. Los resultados arrojaron un efecto positivo y significativo de la sobrecarga en el SB y el conflicto trabajo-familia, y un efecto negativo de la sobrecarga en la satisfacción laboral. También prevaleció un mayor agotamiento emocional en mujeres, en comparación con los hombres (Patlán, pág. 445, 2013).

La aportación de este estudio reflejara la importancia de distinguir y saber enfrentar el estrés, debido a que los factores psicosomáticos son los primeros en expresar dicha sensación. Sin embargo, el mayor descubrimiento fue encontrar a personal “acostumbrado” a estas situaciones estresantes, por lo que hubo un desgaste menor del esperado, en cambio se encontraron consecuencias fisiológicas debido al estrés de pandemia en los profesionales de enfermería, que fueron ansiedad por la enfermedad desconocida, dolores por tensiones musculares, infecciones en las vías urinarias y trastornos del sueño-descanso.

Conclusión

En este estudio observamos que a pesar del ambiente laboral que se generó en el sector salud por la emergencia sanitaria de SARS-COV-2 el personal de enfermería no se encuentra tan desgastado como se tenía previsto, debido a las estrategias institucionales de afrontamiento a la problemática actual, se han podido disminuir los casos de Síndrome de Burnout.

Así mismo se observó que, aunque existan indicadores sobre la asistencia hospitalaria, la población supera el número de personal activo de enfermería, por lo cual se entiende que ellos están “acostumbrados” a tener un exceso de trabajo, pero eso no le resta importancia a que estén en riesgo.

En el estado de Querétaro, con el desarrollo de la pandemia, se implementaron estrategias de atención tanto para el personal de salud como para la población general para el cuidado de la salud mental, lo que pudo haber impactado de manera favorable en la salud global de los trabajadores.

Se reflexiona que aunque la pandemia ya está en una fase de disminución y un mejor control de los procesos, es importante seguir monitoreando al personal de salud en este aspecto y otros, que puedan afectarlos de manera directa, ya que también su estado repercute en la calidad del cuidado al paciente.

References:

1. Alcayaga, A. (2016). La sobrecarga laboral: Un riesgo que disminuye la calidad de vida y la productividad. Periódico USS. <https://www.uss.cl/newsletter-uss/2016/05/23/1661/>
2. Almudéver, L. y Pérez, I. (2019). La carga mental de los profesionales de Enfermería en relación con su turno laboral. Scielo, España. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1988-348X2019000100005&lng=es&nrm=iso
3. Ávila, J. (2014). El estrés un problema de salud del mundo actual. Scielo, La Paz. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2310-02652014000100013&script=sci_arttext
4. Bizneo. (2020). Evaluación de la Carga de tus empleados | Fases y Ejemplo. Blog de Recursos Humanos de Bizneo HR: Práctico Y Actual. <https://www.bizneo.com/blog/evaluacion-carga-de-trabajo/>
5. Comisión Nacional de Bioética. (s.f.). El Código de Nuremberg. Comisión Nacional de Bioética. http://www.conbioetica-mexico.salud.gob.mx/descargas/pdf/normatividad/normatinternacional/2.INTL._Cod_Nuremberg.pdf
6. Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2014) Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. Diario Oficial de la Federación. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf
7. Galehdar, N., Kamran, A., Toulabi, T., y Heydari, H. (2020). Explorando las experiencias de angustia psicológica de las enfermeras durante el cuidado de pacientes con COVID-19: un estudio cualitativo. BMC Psychiatry, 20(1), 489. <https://doi.org/10.1186/s12888-020-02898-1>
8. González P., Santes C., Lavoignet B., Martínez N., Barrios A. (2017). Desgaste ocupacional en Profesionales de Enfermería [Sesión de conferencia]. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6664753>
9. Graue, E., Álvarez, R., y Sánchez, M. (2007). El Síndrome de “Burnout”: La despersonalización, el agotamiento emocional y la insatisfacción en el trabajo como problemas en el ejercicio de la medicina y el desarrollo profesional. Presentado en Seminario: El ejercicio actual de la medicina, Universidad Autónoma de México. http://www.facmed.unam.mx/sms/seam2k1/2007/jun_01_ponencia.html
10. Grisolia, J. (2016). Un poco de historia sobre el burnout, nuevo 2016. Revista IDEIDES. <http://revista-ideides.com/un-poco-de-historia-sobre-el-burnout-nuevo-2016/>

11. Herrera, D., Coria, G., Muñoz, D., Graillet, O., Aranda G., Rojas F., Hernández, E., Ismail, N. (2017) Impacto del estrés psicosocial en la salud. Centro de Investigaciones Cerebrales. Universidad Veracruzana, México.
<https://www.uv.mx/eneurobiologia/vols/2017/17/Herrera/HTML.html>
12. Muñoz, S., Ordoñez, J. N., Solarte, M. N., Valverde, Y. C., Villarreal, S., y Zemanate, M. L. (2018). Síndrome de Burnout en enfermeros del Hospital Universitario San José. *Revista Médica de Risaralda*, 24(1), 34-37.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-06672018000100006
13. Nieto, E., Hernández, Ma. A., Garza, B., Hernández, V. y Sánchez, M. (2019) Correlación entre los aspectos personales y laborales con el desgaste profesional de enfermería en un hospital de segundo nivel. *Revista Lux Médica*.
<https://revistas.uaa.mx/index.php/luxmedica/article/view/2798>
14. Olivares, V. (2017). Laudatio: Dra. Christina Maslach, Comprendiendo el Burnout. Scielo. <https://doi.org/10.4067/s0718-24492017000100059>
15. Patlán, J. (2013). Efecto del burnout y la sobrecarga en la calidad de vida en el trabajo. *Estudios Gerenciales*, 29(129), 445–455. ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2013.11.010>
16. Ruiz, M. (2020) El coronavirus, declarado oficialmente como pandemia por la OMS. *Gaceta Médica*.
<https://gacetamedica.com/politica/el-coronavirus-declarado-oficialmente-como-pandemia-por-la-oms/>
17. Saborío, L., y Hidalgo, L. (2015). Síndrome de Burnout. Scielo. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152015000100014
18. Souza, N. V. D. de O., Carvalho, E. C., Soares, S. S. S., Varella, T. C. M. Y. M. L., Pereira, S. R. M., & Andrade, K. B. S. de. (2021). Nursing work in the COVID-19 pandemic and repercussions for workers' mental health. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, 42(spe). <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2021.20200225>
19. Uribe P. J. F. (2016). Estudio confirmatorio de la escala mexicana de desgaste ocupacional (EMEDO): Un instrumento de burnout para mexicanos. *Revista Interamericana de Psicología Ocupacional*, 26(1), 7-21. <http://revista.cinccel.com.co/index.php/RPO/article/view/73>
20. Uribe, P. (2010) EDO. Escala de Desgaste Ocupacional (Burnout). Manual Moderno.

The Effect of Improved Water, Sanitation and Hygiene on Linear Growth Amongst Children Living in Developing Countries: A Systematic Review

*Elton Chavura, MSc
Prof. Wales Singini,
Russel Chidya, PhD*

Mzuzu University, Faculty of Environmental Science, Mzuzu, Malawi
Balwani Chingatchifwe Mbakaya, Associate. Prof
University of Livingstonia, Department of Public Health, Malawi

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p296](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p296)

Submitted: 11 July 2022

Accepted: 27 September 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Chavura E., Singini W., Chidya R. & Mbkaya B.C.(2022). *The Effect of Improved Water, Sanitation and Hygiene on Linear Growth Amongst Children Living in Developing Countries: A Systematic Review*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 296.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p296>

Abstract

Constant exposure to poor water, sanitation and hygiene (WaSH) contribute to environmental enteric dysfunction; a disorder that is frequently implicated as a cause of linear growth failure. We aimed to evaluate the efficacy of WaSH on linear growth amongst children aged 0-59 months. We reviewed fourteen (14) studies retrieved from AMED, CINAHL, DOAJ, PubMed, PsycINFO, Google Scholar, and EMBASE databases following guidelines developed by PROSPERO and COCHRANE. The screening process was summarized using a PRISMA flow diagram, and the methodologies were critically appraised by a Mixed Method Appraisal Tool. The following search terms were employed in the search strategy: sanitation and/or improved water supply and/or WaSH and/or stunting and/or linear growth and/or environmental enteric dysfunction. No difference was seen in mean height for age Z-score (0.01, 95% CI-0.16 to 0.18) between children who received WaSH interventions and those who did not. Only five (5) studies reported a significant association between WaSH and child linear growth ($P < 0.001$). All combination intervention studies included in this review did not establish any significant benefit of WaSH and nutrition integration,

presumably due to methodological limitations and a short duration of exposure to the interventions. Although robust sanitation coverage could be an important component amongst proven interventions to stimulate linear growth, stunted growth is embedded within myriad determinants beyond improved WaSH. More research is needed to quantify the complementary effect of WaSH and nutrition co-programming. This systematic review was registered in the PROSPERO database with registration number CRD42022322462.

Keywords: Systematic review, WaSH, Linear Growth, Environmental Enteric Dysfunction, Sanitation, Improved Water Supply, Stunting

Introduction

Most countries are ill-prepared to meet the global target to reduce stunted growth among under-five children by 40% by 2025 (Goal 2: Target 2.2) as current investment efforts are insufficient to drive progress to achieve the set goal (Shekar et al., 2017). Fortunately, there is a growing body of evidence that indicates that WaSH could be critical in addressing children's nutritional deficits, including stunting, which is considered the main indicator of chronic malnutrition. At the direct, biological level, soil-transmitted helminths, repeated diarrheal episodes, and environmental enteric dysfunction (EED) are thought to be pathway linkages between WaSH and linear growth failure. Prolonged exposure to fecal pathogens increases vulnerability to enteric infections that contribute to environmental enteric EED (Chandna et al., 2020), a postulated condition characterized by malabsorption, villas atrophy, crypt hyperplasia, T-cell infiltration, and inflammation of the jejunum. EED is known to reduce oral vaccine efficacy and gut absorption and is implicated as a cause of stunting, an irreversible and easy-to-measure manifestation of early childhood developmental deficit (Budge et al., 2019). Stunting affects 165 million children globally (Keusch et al., 2013), the vast majority of whom live in sub-Saharan Africa (Bethany et al., 2018). Height-for-age is a measure of height compared to the height of children of the same age and sex from a reference population (Reese et al., 2021). It is an indicator of chronic malnutrition, which is used to identify stunted growth. A stunted child has a height-for-age z score below 2 standard deviations (SD) below the WHO Child Growth Standards median.

We hypothesized that if linear growth failure is multifaceted, observance of WaSH practices alone may not reduce the odds of stunting. The question that this systematic review tries to resolve is "What is the effect of improved water, sanitation and hygiene on linear growth among children aged 0-59 months?" The key outcome of the review was "LAZ -2 SD" at 59 months.

Additional outcomes were “underweight” (weight-for-age) and “wasting” (weight-for-height), based on the WHO 2006 Child Growth Standard

Methods

To improve the clarity of reporting, we summarized the article screening process using an evidence-based minimum set of items. As propagated by Moher et al. (2009), the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) flow diagram is designed to enhance transparent reporting and justification for every action taken by systematic reviewers. A Mixed Method Appraisal Tool (MMAT) was used to appraise the methodological quality of all the selected studies critically.

Inclusion criteria

We considered all studies regardless of their design: studies involving children with stunted growth, environmental enteric dysfunction, and studies on water supply, sanitation, and child health.

Exclusion criteria

All systematic reviews, communications, perspectives, and articles from developed countries were automatically excluded.

Information source /search strategy

Research articles were retrieved from DOAJ, PubMed, PsycINFO, CINAHL, Google Scholar, AMED, and EMBASE databases using appropriate keywords to search and retrieve articles. The search period was set from the period starting from January 2012 to December 2021, covering a period of 9 years. The following search terms were used; sanitation OR improved water supply AND/OR WaSH AND/OR stunting, AND/OR linear growth, AND/OR environmental enteric dysfunction. An effort was made to manually extract both published and unpublished interventional studies and hand search key journals.

Risk of bias

To ascertain the validity of eligible studies, pairs of reviewers worked independently in the selection process. To explore variability in study results (heterogeneity), we specified the following hypotheses before conducting the analysis: We hypothesized that if linear growth failure is multifaceted, observance of WaSH practices alone may not reduce the odds of stunting.

Table 1. Search strategy

Databases	Search	Search word/terms	Results
PubMed	.Title abstract and full article	sanitation OR improved water supply AND/OR WaSH AND/OR stunting, AND/OR linear growth, AND/OR environmental enteric dysfunction	2
EMBASE	Title, abstract and full article	sanitation OR improved water supply AND/OR WaSH AND/OR stunting, AND/OR linear growth, AND/OR environmental enteric dysfunction	0
PsycINFO	Title, abstract and full article	sanitation OR improved water supply AND/OR WaSH AND/OR stunting, AND/OR linear growth, AND/OR environmental enteric dysfunction	1
AMED	Title and abstract	sanitation OR improved water supply AND/OR WaSH AND/OR stunting, AND/OR linear growth, AND/OR environmental enteric dysfunction	0
CINAHL	Title and abstract	sanitation OR improved water supply AND/OR WaSH AND/OR stunting, AND/OR linear growth, AND/OR environmental enteric dysfunction	0
DOAJ	Title, abstract and full article	sanitation OR improved water supply AND/OR WaSH AND/OR stunting, AND/OR linear growth, AND/OR environmental enteric dysfunction	1
Google Scholar	Title, abstract and full article	sanitation OR improved water supply AND/OR WaSH AND/OR stunting, AND/OR linear growth, AND/OR environmental enteric dysfunction	10
Reference search from other sources	Title, abstract and full article		0
Total Result Search			14

Selection of studies

Identified articles were imported to Mendeley desktop window before they could be reviewed against the set inclusion criteria.

Data collection process

Using the non-automated data extraction method, we collected data on outcomes of interest for each selected study. The information was extracted from the fourteen (14) selected studies, summarized, and documented. The data extraction table details the following information: author, year of study, type of participants, age, setting, country, sample size, study design and methods, study purpose/objectives, study outcomes, and results.

Search outcome

An initial database search located 2103 articles. A total of 441 articles were left after the removal of duplicates. The remaining articles were further filtered, and 427 articles were excluded because of age bracket (256), inappropriate outcome measures (150), and studies from developed countries (21). The remaining 14 articles were selected for the final review (see Figure 2).

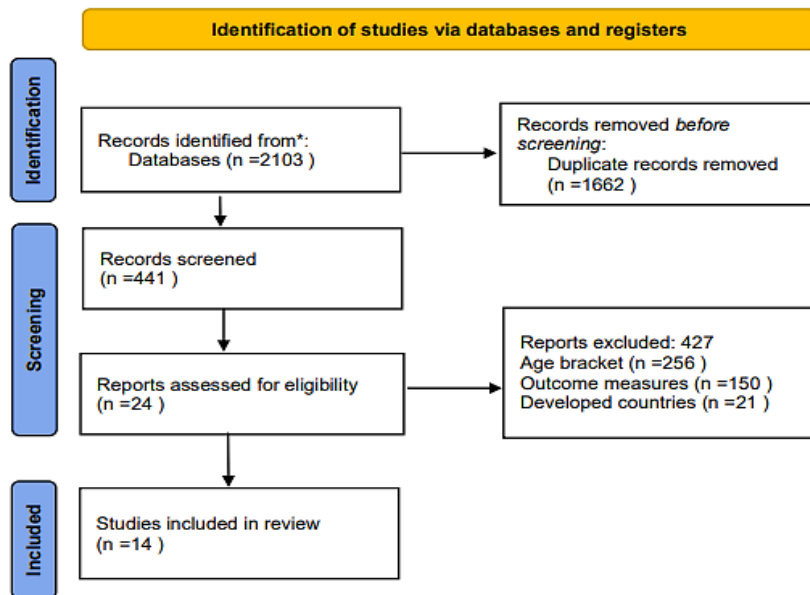


Figure 2. The PRISMA Flow Diagram

We reviewed studies that reported integrated WaSH and nutrition as long as the design and methodology were able to clearly separate and allow individual evaluation of the combined interventions. A total of fourteen studies were selected and are summarized in Table 2 below.

Table 2. Summary of studies

Author & year	Participant	Population		Country	Sample size	Study design & methods	Study purpose/ Objective	Objectives/aims	
		Age	Setting					Outcomes	Results
Saaka et al.,2021	Children	6-23 months	Households	Ghana	301	Randomized controlled trial	To assess the effect of complementary feeding and poor WaSH practices on child growth	The WaSH intervention (alone or combined with IYCF) only offered marginal protection against stunting	Poor sanitation and hygiene practices, were not associated with the risks of stunting. Poor complementary feeding practice was significantly associated with stunted growth.
Humphrey et al., 2019	Children from HIV negative mothers	0-18 months	Households	Zimbabwe	3686	Cluster Randomized controlled trial	To test the independent and combined effects of improved WaSH and improved IYCF on stunting	No effect of WaSH on linear growth as both treatment and experimental groups were the same	The IYCF intervention was more efficacious in increasing mean length-for-age Z scores among boys (0.24 [95% CI 0.14 to 0.34]) than among girls (0.07 [95% CI -0.04 to 0.17]).
Hill et al.,2020	Children	0-36 months	Households	South Africa	404	Randomized controlled trial	To determine whether the use of Point-of-Use Water Treatment technologies can improve child growth.	No differences were observed in HAZ, WAZ, or WHZ among children in the intervention groups	The prevalence of diarrhea in the combined intervention group was 1.05 times (95% CI: 0.73, 1.50) the prevalence in the combined control group.

Walles et al., 2017	HIV exposed uninfected HIV unexposed infants	0-12 months	Households	Ethiopia	302	cross-sectional study	To determine the impact of exposure to maternal HIV infection in relation to socio-economic factors	Availability of running water did not matter as it did not affect linear growth	Unavailability of running water was associated with reduced risk for stunting (AOR 0.57; 95% CI 0.35–0.94; p = 0.026)
Null et al., 2018	Children	0-24 months	Households	Kenya	6659	Block Randomized controlled trial	To assess whether WaSH and nutrition interventions reduced diarrhoea or growth faltering	No effect of any interventions on linear growth	Children in the combined WaSH and nutrition group were not significantly taller than children in the nutrition group (mean difference 0.04 [95% CI –0.11 to 0.19])
Sofeu et al., 2019	HIV exposed uninfected infants HIV infected infants HIV unexposed uninfected infants	0-59 months	Household	Cameroon	611	Randomized controlled trial	To determine the risk of HIV-related growth retardation during early childhood	No significant effect on linear growth was observed	Although not statistically significant, the presence of water supply at home was a protective factor of stunting (aHR: 0.8, 95% CI: 0.6–1.0).
Prendergast et al 2018	HIV exposed children and Children whose HIV status is unknown	≤18 months	Household	Zimbabwe	668	Cluster Randomized controlled trial	To evaluate the efficacy of both WaSH and improved complementary feeding on child stunting	WaSH intervention had no effect on linear growth The IYCF intervention increased height	No difference in mean height for age Z-score (0.01, 95% CI-0.16 to 0.18) between WaSH and non-WaSH group. IYCF increased mean length for age Z score by 0.26 (95% CI 0.09–0.43; p=0.003)

Christian et al.,2020	Children	6–23 months	Household	Malawi	2453	quasi-experimental study design	To perform an impact evaluation of the program using a neighboring district as comparison.	No reduction in stunting prevalence was observed.	No differences in mean length-for-age z-score or prevalence of stunting were found at endline.
Fenn et al., 2012	Children	6-36 months	Household	Ethiopia	3758	Cluster Randomized controlled trial	To determine which interventions can reduce stunting in a food-insecure population in Ethiopia	WaSH significantly increased linear growth.	WaSH increased mean height-for-age Z-score (+0.33, P= 0.02), with a 12.1% decrease in the prevalence of stunting, compared with the baseline group.
George et al., 2020	children	6–36 months	Households	Bangladesh	2626	Cluster-randomized Controlled Trial	To determine the effect of a WaSH Mobile Health Program on Diarrhea and Child Growth in Bangladesh	WaSH resulted in significantly improved linear growth in the intervention group compared with a comparison group	Children were less likely to be stunted in both the mHealth with 2 home visits arm (33% vs 45%; OR, 0.55 [95% CI: .31–.97]) and the mHealth with no home visits arm (32% vs 45%; OR, 0.54 [95% CI: .31–.96])
Deichsel et al., 2019	HIV-exposed infants	0-12 months	Households	Kenya	372	Longitudinal cohort study	To determine early life household, maternal, and infant factors associated with linear growth from birth to 12 months of life.	household sanitation had sustained effects on linear growth trajectory, but LAZ varied according to toilet type	Socio-economic status and sanitation were associated with change in LAZ. Infants in homes with pit latrines (p = .010), shared toilet (p = .032), or crowding (p = .005) experienced a greater deterioration of LAZ despite having similar LAZ at birth

Head et al.,2019	Children	0-59 months	Households	Ethiopia	1007	cross-sectional matched control evaluation	To compare the prevalence of stunting, wasting, underweight and two-week history of acute respiratory infection (ARI) in children 0-59 months	Lack of significant association between WaSH or WaSH and nutrition interventions and mean WHZ or WAZ	Odds of stunting in the integrated group was 50% lower than children in the comparison group (OR: 0.50, 95% CI: 0.26, 0.97).
Bekele et al.,2020	Children	0-59 months	Households	Ethiopia	11023	observational study	To determine the effect of access to water, sanitation and handwashing facilities on child growth indicators	WaSH led to significant effect on linear growth And other growth measures	WaSH group had 29% lower odds of linear growth failure (adjusted odds ratio (AOR) = 0.71; 95% CI: 0.51–0.99) compared with others.
Torlesseet al.,2016	Children	0-23 months	Households	Indonesia	1366	Cross sectional survey	To establish determinants of stunting in Indonesian children	WaSH resulted to significant increase in linear growth	The prevalence of stunting and severe stunting was 28.4 % and 6.7 %, respectively. Odds on child stunting was over three times higher if the household used unimproved latrine

Data synthesis

The authors provide a narrative synthesis of the findings from the included studies. Emphasis was on the *length-for-age* z-score (LAZ). A subset analysis was categorized based on the set study outcomes, thus; underweight (weight-for-age) and wasting (weight-for-height). A narrative synthesis was conducted based on the content analysis of the included articles.

Results

Quality appraisal

The methodological quality of included studies was critically appraised using the Mixed Method Appraisal Tool (MMAT). Based on the (MMAT), twelve studies scored 100%; all of which were randomized controlled trials (George et al., 2020; Bekele et al., 2020; Christian et al 2020; Hill et al.,2020; Sofeu et al., 2019; Deischel et al., 2019; Prendergast et al., 2018; Humphrey et al., 2018; Null et al 2018; Walles et al., 2017; Torlesse et al.,2016; Fenn et al.,2012). The remaining two studies (Saaka et al 2021; Head et al., 2019) scored 80% and 60%, respectively. Between these, one study (Head et al., 2019) had no baseline assessment to appreciate changes attributable to the study. Sample selection and design were not clear in the other study (Saaka et al., 2021), and the author did not come clear on how to deal with confounders. Nonetheless, all the fourteen studies were categorized as high quality after meeting almost all core criteria for their study design. The overall quality cut-off point was set at 60%. With an average score of 96% across the included articles, the studies are categorized as very high quality. Therefore, the finding from our systematic review can be relied upon to inform policy, practice, education, and research.

Table 3. Mixed Method Appraisal Tool (MMAT)

Name of study/ author	Type of study	Methodological quality criteria	Y/N	Comment	Score
Prendergast et al 2018 Independent and combined effects of improved water, sanitation, and hygiene, and improved complementary feeding, on stunting and anaemia among HIV-exposed children in rural Zimbabwe	Cluster Randomized controlled trial	2.1. Appropriate randomization?	Y		100%
		2.2. Comparability of groups at baseline	Y		
		2.3. Completeness of outcome data	Y		
		2.4. Blinding of outcome assessors to the intervention	Y		
		2.5 Participants adherence to the assigned intervention	Y		
Humphrey et al., 2018 Independent and combined effects of improved water, sanitation, and hygiene, and improved complementary feeding, on child stunting and anaemia in rural Zimbabwe	Cluster Randomized controlled trial	2.1. Appropriate randomization?	Y		100%
		2.2. Comparability of groups at baseline	Y		
		2.3. Completeness of outcome data	Y		
		2.4. Blinding of outcome assessors to the intervention	Y		
		2.5 Participants adherence to the assigned intervention	Y		

Null et al 2018 Effects of water quality, sanitation, handwashing, and nutritional interventions on diarrhoea and child growth in rural Kenya	Cluster Randomized controlled trial	2.1.Appropriate randomization?	Y	100%	
		2.2. Comparability of groups at baseline	Y		
		2.3. Completeness of outcome data	Y		
		2.4. Blinding of outcome assessors to the intervention	Y		
		2.5 Participants adherence to the assigned intervention	Y		
Head et al., 2019 Integration of WaSH and nutrition programming is associated with lower prevalence of child and fever in Oromia, Ethiopia	Randomized controlled trial	2.1.Appropriate randomization?	Y	100%	
		2.2. Comparability of groups at baseline	Y		
		2.3. Completeness of outcome data	Y		
		2.4. Blinding of outcome assessors to the intervention	Y		
		2.5 Participants adherence to the assigned intervention	Y		
Saaka et al 2021 Independent and joint contribution of inappropriate complementary feeding and poor WaSH practices to stunte child growth	Quantitative Non randomized study	3.1. Participants' representativeness	Y	Sample selection and design not clear. The author has not come clear how to deal with confounders. For a cross-sectional study the cause effect relationship cannot be properly established because of the lack of a temporal sequence	60%
		3.2. Appropriateness of measurements with regard to the outcome and intervention	N		
		3.3.Completeness of outcome data	Y		
		3.4. Accounting for confounders in the design and analysis	N		
		3.5. During the study period, is Administering of the intervention administered during the study period	Y		

Christian et al 2020 Impact Evaluation of a Comprehensive Nutrition Program for Reducing Stunting in Children Aged 6–23 Months in Rural Malawi	Quasi experimental study	2.1.Appropriate randomization?	Y	100%
		2.2. Comparability of groups at baseline	Y	
		2.3. Completeness of outcome data	Y	
		2.4. Blinding of outcome assessors to the intervention	Y	
		2.5 Participants adherence to the assigned intervention	Y	
Hill et al.,2020 Impact of Low-Cost Point-of-Use Water Treatment Technologies on Enteric Infections and Growth among Children in Limpopo, South Africa		2.1.Appropriate randomization?	Y	100%
		2.2. Comparability of groups at baseline	Y	
		2.3. Completeness of outcome data	Y	
		2.4. Blinding of outcome assessors to the intervention	Y	
		2.5 Participants adherence to the assigned intervention	Y	
Walles et al., 2017 Growth pattern in Ethiopian infants – the impact of exposure to maternal HIV infection in relation to socio-economic factors	Quantitative non randomized (Cross sectional study)	3.1. Participants’ representativeness	Y	100%
		3.2. Appropriateness of measurements with regard to the outcome and intervention	Y	
		3.3.Completeness of outcome data	Y	
		3.4. Accounting for confounders in the design and analysis	Y	
		3.5. During the study period, isAdministering of the intervention administered during the study period	Y	

<p>Sofeu et al.,2019 Early treated HIV- infected children remain at risk of growth retardation during the first five years of life: Results from the ANRSPEDIACAM cohort in Cameroon</p>	<p>Quantitative non randomized (Cohort study)</p>	<p>3.1. Participants' representativeness 3.2. Appropriateness of measurements with regard to the outcome and intervention 3.3.Completeness of outcome data 3.4. Accounting for confounders in the design and analysis 3.5. During the study period, isAdministering of the intervention administered during the study period</p>	<p>Y Y Y Y Y</p>	<p>100%</p>
<p>Fenn et al.,2012 An evaluation of an operations research project to reduce childhood stunting in a food-insecure area in Ethiopia</p>	<p>Quantitative non randomized</p>	<p>3.1. Participants' representativeness 3.2. Appropriateness of measurements with regard to the outcome and intervention 3.3.Completeness of outcome data 3.4. Accounting for confounders in the design and analysis 3.5. During the study period, isAdministering of the intervention administered during the study period</p>	<p>Y Y Y Y Y</p>	<p>100%</p>
<p>George et al.,2020 Effects of a Water, Sanitation, and Hygiene Mobile Health Program on Diarrhea and Child Growth in Bangladesh</p>	<p>Block randomised controlled design</p>	<p>2.1.Appropriate randomization? 2.2. Comparability of groups at baseline 2.3. Completeness of outcome data 2.4. Blinding of outcome assessors to the intervention 2.5 Participants adherence to the assigned intervention</p>	<p>Y Y Y Y Y</p>	<p>100%</p>

Deischel et al.,2019 Birth size and early pneumonia predict linear growth among HIV-exposed uninfected infants	Quantitative non randomized (Cohort study)	3.1. Participants' representativeness 3.2. Appropriateness of measurements with regard to the outcome and intervention 3.3.Completeness of outcome data 3.4. Accounting for confounders in the design and analysis 3.5. During the study period, is Administering of the intervention administered during the study period	Y Y Y Y Y	100%
Bekele et al.,2020 The effect of access to WaSH on child growth indicators: Evidence from the Ethiopia Demographic and Health Survey 2016	Quantitative non randomized (Cross sectional study)	3.1. Participants' representativeness 3.2. Appropriateness of measurements with regard to the outcome and intervention 3.3.Completeness of outcome data 3.4. Accounting for confounders in the design and analysis 3.5. During the study period, isAdministering of the intervention administered during the study period	Y Y Y Y Y	100%
Torlesse et al.,2016 Determinants of stunting in Indonesian children: evidence from a cross-sectional survey indicate a prominent role for WaSH sector in stunting reduction	Randomised controlled trial	2.1.Appropriate randomization? 2.2. Comparability of groups at baseline 2.3. Completeness of outcome data 2.4. Blinding of outcome assessors to the intervention 2.5 Participants adherence to the assigned intervention	Y Y Y Y Y	100%

Study characteristics

Fourteen studies fulfilled the eligibility criteria. These studies were conducted in Ethiopia, South Africa, Ghana, Malawi, Zimbabwe, Bangladesh, Cameroon, Kenya, and Indonesia (See Table 2). Seven studies were RCT (Hill et al., 2020; George et al., 2020; Head et al., 2019; Humphrey et al., 2019; Prendergast et al., 2018; Null et al., 2018; Torlessee et al., 2016). Two studies were cross-sectional (Bekele et al., 2020; Walles et al., 2017). The other two were quantitative non-randomized (Saaka et al., 2021; Fenn et al., 2012). One study was quasi-experimental (Christian et al., 2020), another was a longitudinal cohort (Sofeu et al., 2019) and the last one was an observational study (Deischel et al., 2019). The age range of selected participants were 0-35 months (1 study), 0-36 months (1 study), 0-36 months (1 study), 6-23 months (2 studies), 0-12 months (2 studies), 0-24 months (1 study), 0-59 months (3 studies), 0-18 months (2 studies) and 0-35 months (1 study). Participants' characteristics were as follows: HIV-exposed uninfected infants (Deischel et al., 2019; Sofeu et al., 2019; Prendergast et al., 2018; Walles et al., 2017); HIV-infected infants (Sofeu et al., 2019), HIV-unexposed uninfected infants (Humphrey et al., 2019; Sofeu et al., 2019; Walles et al., 2017). All other studies (Saaka et al., 2021; Hill et al., 2020; Christian et al., 2020; George et al., 2020; Bekele et al., 2020; Head et al., 2019; Null et al., 2018; Torlessee et al., 2016; Fenn et al., 2012) did not ascertain their participants' HIV infection status.

Summary of the findings

Studies included in this review was analyzed based on the following outcomes- length-for-age z score (primary outcome) and underweight (weight-for-age) and wasting (weight-for-height), based on the WHO 2006 Child Growth Standard. All fourteen studies reported length-for-age as their primary outcome. A child was considered stunted if they had a height-for-age z-score below 2 standard deviations compared with the WHO Child Growth Standards median of the same age and sex.

Different sample sizes were used in the studies, ranging from 301 to 11023. All the articles managed to statistically present the findings and clearly indicated whether the results were statistically significant or not using either P-values or confidence intervals. Unimproved latrines and untreated drinking water were associated with increased odds of stunting compared with improved conditions (Bekele et al., 2020; Torlessee et al., 2016). Household sanitation had an effect on linear growth, but LAZ varied according to toilet type (Deischel et al., 2019). Shared toilets had a higher Median IQR 339(91%); than pit latrines 193(52%) and flush toilets 179(48%). Upward movement on the sanitation ladder was associated with increasingly higher LAZ scores (Deischel et al., 2019; Head et al., 2019). While Walles et al., (2017), found that

unavailability of running water was associated with a reduced risk for stunting (AOR 0.57; 95% CI 0.35–0.94; $P=0.026$), George et al., 2020) in their study found that clean water sources resulted in a reduction of diarrhea and significantly improved linear growth (33% vs 45%; OR, 0.55 [95% CI: .31–.97]. Household drinking water quality did not translate to significant improvements in child growth (Hill et al., 2020) as there were no observable significant differences in LAZ, WAZ, or WHZ. In another study (Sofeu et al., 2019), although statistically insignificant, the presence of water supply at home was a protective factor.

All combination studies included in this systematic review did not establish any significant benefit of WaSH and nutrition/IYCF integration. For the combined interventions, the WaSH intervention had no additional effect on the mean infant length-for-age z score compared with the non-WASH group (Humphrey et al., 2019). While the IYCF component increased the mean length for age z score by 0.26 (95% CI 0.09–0.43; $P=0.003$), no difference was seen in mean height for age z-score (0.01, 95% CI -0.16 to 0.18) at 18 months between children who received WaSH and those who did not in Zimbabwe (Prendergast et al., 2018). A study that employed a similar methodological approach in Kenya (Null et al., 2018) found that combined interventions led to marginal growth benefits, which were not statistically significant (mean difference 0.04 [95% CI –0.11 to 0.19]. In a Ghanaian study (Saaka et al., 2021), the WaSH intervention (alone or combined with IYCF) only offered marginal protection against stunting. A similar combination study in Malawi (Christian et al., 2020) reported no differences in mean length-for-age z-score or prevalence of stunting was not lower at endline. However, mean weight, weight-for-length z-score, and mid-upper arm circumference were higher at endline by 150 g, ($P < 0.05$). 0.22, ($P < 0.05$) and 0.19 cm, ($P < 0.05$) respectively compared with the comparison district.

WaSH indicators and length for age

Poor sanitation and hygiene comprised the use of unimproved household toilet facilities, washing hands without soap, and improper disposal of child feces and how these variables were associated with the risks of stunting among children. All the included studies reported the primary outcome (LAZ). In this review, we noted different cut-off points for determining to stunt as these were entirely based on individual and specific study focus. In all combination studies included in this review, the WaSH intervention had no additional effect on the mean infant length-for-age z score compared with the non-WaSH group (Saaka et al., 2021; Christian et al., 2020; Humphrey et al., 2019; Prendergast et al., 2018; Null et al., 2018). Additionally, few other non-combination studies (Hill et al., 2020; Walles et al., 2017) found no meaningful impact of WaSH on linear growth.

WaSH indicators and secondary outcomes

This systematic review sought to establish the effect of improved water supply and sanitation on linear growth. Additional outcomes were underweight (weight-for-age) and wasting (weight-for-height). Most of the included studies had a different focus and reported on outcomes that are not aligned with our interests e.g. fever, head circumference, diarrhea, mid-upper arm circumference (MUAC), or anemia. Overall, the quality of evidence of the remaining studies examining underweight (weight-for-age) and wasting (weight-for-height) was determined to be poor due to the lack of some essential data elements and the limited number of studies reporting weight-for-age and weight-for-height as outcomes. Other relevant data on secondary outcomes are reported in other sections and are not separated from the primary outcome.

Discussion

There is discordant evidence on the effect of WaSH on linear growth. While other studies suggest that linear growth is significantly linked to poor WaSH; some have reported no association. Discordant opinions emanated from contextual factors, study settings, sample size, methodological limitations, population characteristics, and in some cases bias towards funding authority and consequent failure to limit the same. It is also worth noting that different disciplines have different error tolerance thresholds, hence the variation of results from similar studies conducted by different researchers.

In this systematic review, we collated the current state of knowledge and the uncertainty about inconsistent outcomes. We critically appraised, summarized, and attempted to reconcile the published evidence on the effect of improved sanitation on stunting. All the included studies reported linear growth as a primary outcome and must have been explicitly defined within the manuscript or abstract. We reviewed the evidence on the effect of WaSH interventions on nutritional outcomes. We also reviewed studies that reported integrated WaSH and nutrition as long as the design and methodology were able to separate and allow individual evaluation of the combined interventions. While improved sanitation interventions are critical in eliminating microbes from the child's surroundings, intervention studies were usually time-bound, hence subject to poor compliance and limited exposure making it unlikely to stimulate linear growth. Regardless of the child's HIV status, WaSH interventions provided no special benefit to improve linear growth in settings with a high prevalence of stunting and poor sanitary conditions. Arguably, the fecal-oral transmission of these pathogens might have occurred through other environmental pathways which may not have been fully addressed by elementary WaSH interventions.

Overall, access to improved WaSH had less significant protection against stunting in the majority of included cases. Five studies reported significant improvements in linear growth (George et al., 2020; Bekele et al., 2020; Deischel et al., 2019; Torlessee et al., 2016; Fenn et al., 2012); marginal protection (Saaka et al., 2021; Sofeu et al., 2019); no protection (Christian et al., 2020; Head et al., 2019; Null et al., 2018; Prendergast et al., 2018; Humphrey et al., 2019; Walles et al., 2017; Hill et al., 2020).

While protective, combined-treatment groups produced statistically significant but inconsistent, outcomes. Consistent with the available evidence, neither intervention on its own may be sufficient to measurably improve linear growth without firm logical contradictions. As we are unable to rule out residual correlations between unobservable household characteristics and our primary outcome; we might underestimate the effects of improved water supply and sanitation. However, as we earlier hypothesized, linear growth failure is multifaceted, and observing WaSH practices alone may not reduce the odds of stunting.

Limitation of the study

There was a lack of some essential data elements to report secondary outcomes. There were also a limited number of studies reporting weight-for-age and weight-for-height as secondary outcomes.

Implications of the study findings for practice, research, and policy

Attributable causes of child undernutrition are household food insecurity, inadequate maternal and child care and feeding practices, poor WaSH, and lack of health services. The study findings indicate the problem of stunting is complex and multifaceted- prompting a need for an integrated response. Stakeholders must therefore engage in a multisectoral dialogue and explore multifaceted approaches *to end all forms of malnutrition, including achieving, by 2025, the internationally agreed targets on stunting and wasting in children under 5 years of age* (SDG 2). Accordingly, there is a need to set up policies and develop measurable and integrated indicators, strategies, sectoral plans, and technical guidelines for integrated services that are carefully guided by research.

Conclusion

Water, sanitation, and hygiene are critical for health. Emerging evidence indicates a close relationship between stunting and poor WaSH. Although not statistically significant, the presence of water supply in homes was found to be a protective factor against stunting. Findings of this systematic review further show no difference in mean height for age z-score between children who received WaSH interventions and those who did not. This implies that improved WaSH alone, though important, was insufficient to

stimulate linear growth. The study findings indicate the problem of stunting is complex and multifaceted- prompting a need for an integrated response. More research is needed to quantify the complementary effect of WaSH and nutrition co-programming.

Availability of data and material

The data and materials used in this systematic review are available from the corresponding author on request.

Competing interests: The authors declare no competing interests.

References:

1. Bekele, T., Rahman, B. and Rawstorne, P., 2020. The effect of access to water, sanitation and handwashing facilities on child growth indicators: evidence from the Ethiopia demographic and health survey 2016. *PLoS One*, 15(9), p.e0239313.
2. Berhanu, G., Mekonnen, S. and Sisay, M., 2018. Prevalence of stunting and associated factors among preschool children: a community based comparative cross sectional study in Ethiopia. *BMC nutrition*, 4(1), pp.1-15.
3. Budge, S., Parker, A.H., Hutchings, P.T. and Garbutt, C., 2019. Environmental enteric dysfunction and child stunting. *Nutrition reviews*, 77(4), pp.240-253.
4. Chandna J, Ntozini R, Evans C, et al. Effects of improved complementary feeding and improved water, sanitation and hygiene on early child development among HIV exposed children: substudy of a cluster randomised trial in rural Zimbabwe. *BMJ Global Health* 2020;5:e001718. doi:10.1136/bmjgh-2019-001718.
5. Christian, P., Hurley, K.M., Phuka, J., Kang, Y., Ruel-Bergeron, J., Buckland, A.J., Mitra, M., Wu, L., Klemm, R. and West Jr, K.P., 2020. Impact evaluation of a comprehensive nutrition program for reducing stunting in children aged 6–23 months in rural Malawi. *The Journal of Nutrition*, 150(11), pp.3024-3032.
6. Deichsel, E.L., Pavlinac, P.B., Richardson, B.A., Mbori-Ngacha, D., Walson, J.L., McGrath, C.J., Farquhar, C., Bosire, R., Maleche-Obimbo, E. and John-Stewart, G.C., 2019. Birth size and early pneumonia predict linear growth among HIV-exposed uninfected infants. *Maternal & Child Nutrition*, 15(4), p.e12861. 28
7. Evans, E.E. and Siedner, M.J., 2017. Tropical Parasitic Infections in Individuals Infected With HIV. *Current tropical medicine reports*, 4(4), pp.268-280.

8. Fenn, B., Bulti, A.T., Nduna, T., Duffield, A. and Watson, F., 2012. An evaluation of an operations research project to reduce childhood stunting in a food-insecure area in Ethiopia. *Public health nutrition*, 15(9), pp.1746-1754.
9. George, C.M., Monira, S., Zohura, F., Thomas, E.D., Hasan, M.T., Parvin, T., Hasan, K., Rashid, M.U., Papri, N., Islam, A. and Rahman, Z., 2021. Effects of a water, sanitation, and hygiene mobile health program on diarrhea and child growth in Bangladesh: a cluster-randomized controlled trial of the cholera hospital-based intervention for 7 days (CHoBI7) mobile health program. *Clinical Infectious Diseases*, 73(9), pp.e2560-e2568.
10. Hill, C.L., McCain, K., Nyathi, M.E., Edokpayi, J.N., Kahler, D.M., Operario, D.J., Taylor, D.D., Wright, N.C., Smith, J.A., Guerrant, R.L. and Samie, A., 2020. Impact of low cost point-of-use water treatment technologies on enteric infections and growth 29 among children in Limpopo, South Africa. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 103(4), p.1405.
11. Hong, Q.N., Pluye, P., Fàbregues, S., Bartlett, G., Boardman, F., Cargo, M., Dagenais, P., Gagnon, M.P., Griffiths, F., Nicolau, B. and O’Cathain, A., 2018. Mixed methods appraisal tool (MMAT), version 2018. *Registration of copyright*, 1148552(10).
12. Humphrey, J.H., Mbuya, M.N., Ntozini, R., Moulton, L.H., Stoltzfus, R.J., Tavengwa, N.V., Mutasa, K., Majo, F., Mutasa, B., Mangwadu, G. and Chasokela, C.M., 2019. Independent and combined effects of improved water, sanitation, and hygiene, and improved complementary feeding, on child stunting and anaemia in rural Zimbabwe: a cluster-randomised trial. *The Lancet Global Health*, 7(1), pp.e132-e147.
13. JR, H. and Freeman, M.C., 2019. Integration of water, sanitation and hygiene and nutrition programming is associated with lower prevalence of Child stunting and fever in Oromia, Ethiopia. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition & Development*, 19(4).
14. Keusch, G.T., Rosenberg, I.H., Denno, D.M., Duggan, C., Guerrant, R.L., Lavery, J.V., Tarr, P.I., Ward, H.D., Black, R.E., Nataro, J.P. and Ryan, E.T., 2013. Implications of acquired environmental enteric dysfunction for growth and stunting in infants and children living in low-and middle-income countries. *Food and nutrition bulletin*, 34(3), pp.357-364.
15. Luby, S.P., Rahman, M., Arnold, B.F., Unicomb, L., Ashraf, S., Winch, P.J., Stewart, C.P., Begum, F., Hussain, F., Benjamin-Chung, J. and Leontsini, E., 2018. Effects of water quality, sanitation, handwashing, and nutritional interventions on diarrhoea and child

- growth in rural Bangladesh: a cluster randomised controlled trial. *The Lancet Global Health*, 6(3), pp.e302-e315.
16. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG GP. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009;6(7). 27
 17. Null, C., Stewart, C.P., Pickering, A.J., Dentz, H.N., Arnold, B.F., Arnold, C.D., Benjamin-Chung, J., Clasen, T., Dewey, K.G., Fernald, L.C. and Hubbard, A.E., 2018. Effects of water quality, sanitation, handwashing, and nutritional interventions on diarrhoea and child growth in rural Kenya: a cluster-randomised controlled trial. *The Lancet Global Health*, 6(3), pp.e316-e329.
 18. Prendergast, A.J., Chasekwa, B., Evans, C., Mutasa, K., Mbuya, M.N., Stoltzfus, R.J., Smith, L.E., Major, F.D., Tavengwa, N.V., Mutasa, B. and Mangwadu, G.T., 2019. Independent and combined effects of improved water, sanitation, and hygiene, and improved complementary feeding, on stunting and anemia among HIV-Exposed children in rural Zimbabwe: a cluster randomized controlled trial. *The lancet child and adolescent health*, 3(2), pp.77-90.
 19. Reese, Heather, Parimita Routray, Belen Torondel, Sheela S. Sinharoy, Samir Mishra, Matthew C. Freeman, Howard H. Chang, and Thomas Clasen. "Assessing longer-term effectiveness of a combined household-level piped water and sanitation intervention on child diarrhoea, acute respiratory infection, soil-transmitted helminth infection and nutritional status: a matched cohort study in rural Odisha, India." *International journal of epidemiology* 48, no. 6 (2019): 1757-1767.
 20. Saaka, M., Saapiire, F.N. and Dogoli, R.N., 2021. Independent and joint contribution of inappropriate complementary feeding and poor water, sanitation and hygiene (WASH) practices to stunted child growth. *Journal of Nutritional Science*, 10.
 21. Shekar, M., Kakietek, J., Eberwein, J.D. and Walters, D., 2017. An investment framework for nutrition: reaching the global targets for stunting, anemia, breastfeeding, and wasting. World Bank Publications.
 22. Simiyu, S.N., Kweyu, R.M., Antwi-Agyei, P. and Adjei, K.A., 2020. Barriers and opportunities for cleanliness of shared sanitation facilities in low-income settlements in Kenya. *BMC Public Health*, 20(1), pp.1-12.
 23. Sofeu, C.L., Tejiokem, M.C., Penda, C.I., Protopopescu, C., Ateba Ndongo, F., Tetang Ndiang, S., Guemkam, G., Warszawski, J., Faye, A., Giorgi, R. and ANRSPEDIACAM study group, 2019. Early treated HIV-infected children remain at risk of growth retardation during the

- first five years of life: results from the ANRSPEDIACAM cohort in Cameroon. PLoS One, 14(7), p.e0219960.
24. Torlesse, H., Cronin, A.A., Sebayang, S.K. and Nandy, R., 2016. Determinants of stunting in Indonesian children: evidence from a cross-sectional survey indicate a prominent role for the water, sanitation and hygiene sector in stunting reduction. BMC public health, 16(1), pp.1-11.
 25. Waddington, H. and Snilstveit, B., 2009. Effectiveness and sustainability of water, sanitation, and hygiene interventions in combating diarrhoea. Journal of development effectiveness, 1(3), pp.295-335.
 26. Walles, J., Balcha, T.T., Winqvist, N. and Björkman, P., 2017. Growth pattern in Ethiopian infants—the impact of exposure to maternal HIV infection in relation to socioeconomic factors. Global health action, 10(1), p.1296726.
 27. Watanabe, K. and Petri Jr, W.A., 2016. Environmental enteropathy: elusive but significant subclinical abnormalities in developing countries. EBioMedicine, 10, pp.25-32.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Caractérisation des Facteurs de Menace sur la Population Sauvage de Mones de Lowe *Cercopithecus lowei* Thomas, 1923 dans la Relique Forestière de l'Université NANGUI ABROGOUA, Côte d'Ivoire

Sami Blaise Kambire

Karim Ouattara

Laboratoire des Milieux naturels et Conservation de la Biodiversité,
Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire
Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Elie Bandama Bogui

Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Unité de Formation et de Recherche d'Ingénierie, Agronomique Foresterie et
Environnementale, Université de Man, Côte d'Ivoire

Kouassi Alphonse Yao

Unité de Formation et de Recherche d'Ingénierie, Agronomique Foresterie et
Environnementale, Université de Man, Côte d'Ivoire

Akoua Clémentine Yao

Noufou Doudjo Ouattara

Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature, l'Université
NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire
Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Inza Kone

Laboratoire des Milieux naturels et Conservation de la Biodiversité,
Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire
Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire,
Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p319](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p319)

Submitted: 06 June 2022

Accepted: 27 September 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Kambire S.B., Ouattara K., Bogui E.B., Yao K.A., Yao A.C., Ouattara N.D. & Kone I. (2022). *Caractérisation des Facteurs de Menace sur la Population Sauvage de Mones de Lowe*

Cercopithecus lowei Thomas, 1923 dans la Relique Forestière de l'Université NANGUI ABROGOUA, Côte d'Ivoire. European Scientific Journal, ESJ, 18 (30), 319.
<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p319>

Résumé

Les primates non-humains (PNH) sont observés dans les milieux périurbains sans protection, où leur survie est menacée, notamment à cause de l'urbanisation galopante qui réduit l'habitat et la disponibilité alimentaire. C'est le cas d'une population de 13 individus de Mones de Lowe, une espèce vulnérable selon la liste rouge de l'UICN, localisée dans la forêt de l'Université NANGUI ABROGOUA (UNA), à Abidjan en Côte d'Ivoire. Le présent travail a pour but d'approfondir les connaissances sur les principales menaces qui pèsent sur cette population de primates isolée dans cette forêt de 14 hectares bordée de plantations expérimentales et familiales. Un suivi journalier des Mones en utilisant la méthode d'observation par balayage régulier des groupes et les observations *Ad libitum* d'événements rares a permis de noter les indices directs d'agression sur les Mones et leur habitat pendant 24 mois, de janvier 2018 à décembre 2019. L'identification des indices indirects s'est basée sur des interviews semi-structurés de personnes qui fréquentent ladite forêt. Les résultats montrent que trois facteurs directs liés aux activités anthropiques constituent les plus grandes menaces sur ces Mones et de leur habitat : la pollution physique avec 71, 24 % des observations (N = 1510) ; le défrichement agricole avec 15, 21 % et le braconnage qui totalise 13,50 % de l'ensemble des facteurs de menace. Au sujet des facteurs indirects, les personnes interrogées (N = 401) évoquent par ordre d'importance, le manque de volonté administrative à 32,7%, l'inaction des autorités en charge de la protection de la faune à 20,9 % et le manque de surveillance de ces Primates (16,8 %).

Mots-clés : Primates non-humains, Mones de Lowe, milieu urbain, Université NANGUI ABROGOUA, Côte d'Ivoire

Characterization of Threat Factors on the Wild Population of Lowe's Monkey *Cercopithecus lowei* Thomas, 1923 in the Forest Relic of NANGUI ABROGOUA University, Cote d'Ivoire

Sami Blaise Kambire

Karim Ouattara

Laboratoire des Milieux naturels et Conservation de la Biodiversité,
Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire
Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Elie Bandama Bogui

Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Unité de Formation et de Recherche d'Ingénierie, Agronomique Foresterie et
Environnementale, Université de Man, Côte d'Ivoire

Kouassi Alphonse Yao

Unité de Formation et de Recherche d'Ingénierie, Agronomique Foresterie et
Environnementale, Université de Man, Côte d'Ivoire

Akoua Clémentine Yao

Noufou Doudjo Ouattara

Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature, l'Université
NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire
Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Inza Kone

Laboratoire des Milieux naturels et Conservation de la Biodiversité,
Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire
Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

Non-human primates are observed in peri-urban environments without any legal protection, where their survival is threatened, notably because of the galloping urbanization that reduces habitat and food availability. This is the case of Lowe's monkey (*Cercopithecus lowei*) population, a vulnerable species according to the IUCN RedList, located in the forest relic of the NANGUI ABROGOUA University (UNA), in Abidjan, Côte d'Ivoire. The goal of this study is describing the main threats to the isolated primate population in this forest of 14 hectares bordered by experimental and family

plantations. Daily monitoring of Mones using a regular group scan method of observation and Ad libitum observations of rare events recorded direct evidence of aggression on this Lowe's monkeys and their habitat over a 24 month in 2018 and 2019. The identification of indirect indices, semi-direct interviews were conducted with people who use this forest. Results show that three direct factors related to anthropogenic activities are the greatest threats to the primate groups and the UNA forest: physical pollution with 71.24% of observations (N = 1510); agricultural encroachment with 15.21%; and poaching which represents 13.50% of all threat factors. For indirect factors, the respondents (N = 401) mentioned, by order of importance, the lack of administrative will (32.7%); the lack of action by the authorities in charge of wildlife protection (20.9%) and the lack of surveillance of these primate groups (16.8%).

Keywords : Non-human primates, Lowe's monkey, peri-urban environment, NANGUI ABROGOUA University, Côte d'Ivoire

Introduction

La fragmentation des habitats combinée à la chasse, la conversion des habitats et l'urbanisation sont les principales menaces pour la conservation des primates (**Cowlishaw et Dunbar, 2000**). Les mammifères vivant dans les forêts, tels que les primates, sont particulièrement vulnérables à la fragmentation ou à la destruction des forêts tropicales à un rythme alarmant (**Arroyo-Rodríguez et Dias, 2009**). En effet, les études dans les fragments ont généralement montré que la fragmentation affecte négativement la biologie ou l'écologie des primates (**Arroyo-Rodríguez et Mandujano, 2009**).

Les pays qui abritent des populations de primates perdent environ 125 000 km² de forêt par an (**Chapman et Peres, 2001**). Les populations de primates restantes de ces pays sont isolées dans des habitats très fragmentés et de faibles qualités, ce qui pourrait conduire à l'extinction de ces populations d'espèces animales dans un futur proche (**Cowlishaw et Dunbar, 2000**). Au Mexique, selon **Estrada et Coates-Estrada (1996)**, à Los Tuxtlas, les populations locales ont détruit 75 % de forêt originelle à des fins d'élevage et d'agriculture. Les 25% de forêt restantes sont constituées de 20 % de fragments de forêt et seulement 5 % de blocs forestiers en haute altitude. Cette destruction de la forêt originelle a eu pour conséquence une extinction importante de la population des singes hurleurs qui s'est réfugiée dans les 5 % de blocs forestiers en haute altitude.

En Côte d'Ivoire, le couvert forestier connaît une dégradation continue depuis plusieurs décennies (**Bakayoko et al., 2004**). En effet, de 16 millions d'hectares (ha) au début du vingtième siècle, la superficie des forêts denses

ivoiriennes est passée, de nos jours, à moins de 3 millions d'hectares (**Brou et al., 2005**). L'exploitation effrénée des forêts a été accentuée essentiellement par les défrichements pratiqués par les paysans pour des cultures sur brûlis, qui ont entraîné la fragmentation et la dégradation de l'habitat originel de la faune sauvage au profit de l'apparition de néoformations sylvicoles (**Adou Yao, 2005**). Le phénomène s'est amplifié avec les exploitations extensives et itinérantes des bois d'œuvre industriels, les activités d'orpillage sans oublier les grands travaux d'ouverture de routes. Toutes ces activités ont conduit à la fragmentation et à la dégradation des forêts de même qu'à la création d'habitations clandestines en milieux forestiers (**Yao, 2011**). Les conséquences de ces perturbations généralisées à la majorité des forêts de Côte d'Ivoire sont entre autres, l'appauvrissement des sols et surtout la disparition locale de nombreuses espèces végétales et animales (**Kassi et al., 2017**). Ce phénomène entraîne le confinement des PNH dans des fragments de forêts (**Karamoko et al., 2017**). Par ailleurs, l'urbanisation dans les pays subsahariens entraîne la fragmentation voire la destruction des forêts et aires protégées périurbaines (**Bitty et al., 2015**).

Dans cette optique, et compte tenu de l'importance écologique des primates dans le maintien de la structure et le fonctionnement de leurs écosystèmes, par exemple la dispersion des graines (**Stoner et al., 2007**), il est essentiel d'identifier les réponses des primates à la perte et à la fragmentation de leur habitat. La conservation des primates est une préoccupation prioritaire (**Estrada et al., 2006a**). En effet, les Primates sont considérés comme des espèces « fanions » pour la conservation des habitats et particulièrement des forêts (**Koné et al., 2011**). Cette préoccupation s'appuie sur des études de terrain dans des habitats fragmentés (**Gilbert, 2003**). Les résultats de ces études ont permis d'obtenir des informations précieuses sur l'importance de la taille, de la forme et de l'isolement des fragments dans les processus écologiques et les probabilités de survie des espèces des primates. Malgré un nombre croissant de recherches, des informations sur l'adaptation des Primates manquent pour comprendre comment ces animaux doués de flexibilités comportementales répondent à la fragmentation (**Gilbert, 2003**). De plus, les travaux antérieurs sur les primates vivant dans des habitats fragmentés ont porté sur des fragments des aires protégées (**Gilbert, 2003**). Cependant, la plupart des fragments à travers le pays ne sont pas protégés et sont caractérisés par un accès libre des populations vivant à la périphérie, qui en dépendent pour le bois énergie, les plantes médicinales ou du gibier (**Colin et al., 2007**). C'est le cas de la relique forestière de l'UNA en Côte d'Ivoire, dans la ville d'Abidjan, issue de la fragmentation forestière du Parc national du Banco en faveur de l'urbanisation (**Yéo et al., 2013**).

Cette relique forestière de l'UNA a subi une réduction continue de sa taille originelle. Elle était constituée de deux îlots d'environ 14 ha avant la

crise post-électorale de 2010 (**Koné et al., 2011**) puis est passée à un îlot de 10 ha à ce jour (**Kambiré et al., 2021**). Malgré cette réduction importante, deux groupes de Mones de Lowe *Cercopithecus lowei* Thomas, 1923, et des galagos y vivent (**Kambiré et al., 2021**). Aucune donnée scientifique actualisée sur les facteurs de menace n'existe de nos jours sur ces deux groupes de singes vivant dans cette relique forestière considérablement réduite. La présente étude a pour objectif général de caractériser les différentes menaces spatio-temporelles qui entravent à la conservation durable de la relique forestière et des Mones de Lowe *Cercopithecus lowei*. De manière spécifique, il s'agit (i) d'identifier les indices anthropiques qui impactent la survie des Mones et de leur habitat, (ii) d'évaluer la perception de la population riveraine sur la conservation durable de la relique forestière et des Mones de Lowe.

Matériel et méthodes

Description du milieu d'étude

Le site d'étude est une forêt résiduelle, située au sein de l'UNA à Abidjan-Côte d'Ivoire. Fragment du Parc national du Banco, cette relique forestière est située entre 4°0'36'' à 4°1'12'' latitude Nord et 5°22'48'' à 5°23'42'' longitude Ouest (Figure 1). Comme la forêt du Parc National Banco, la relique forestière de l'UNA fait partie du secteur ombrophile ivoirien qui est placé sous un climat de type subéquatorial (**Avenard et al., 1971**). Cette relique forestière héberge une richesse floristique relativement importante. On y dénombre plus de 426 espèces végétales réparties entre 259 genres et 60 familles (**Missa et al., 2019**). La faune compte les invertébrés constitués des Hyménoptères, des Lépidoptères, des Coléoptères et des Orthoptères. Les vertébrés sont représentés par les Oiseaux tels que le Touraco gris et le Francolin. La présence des Mammifères est signalée d'une part par le rat géant, qui constitue le principal gibier des braconniers de cette relique forestière. Cette faune mammalienne compte d'autre part les PNH représentés par les Galagos de Demidoff, Galago de Thomas et de cette population rescapée de Mones de Lowe (**Kambiré et al., 2021**). La température mensuelle moyenne varie de 24,4 °C (août) à 27,88 °C (mars) tandis que la précipitation moyenne maximale s'observe au mois de juin (406,08 mm) et la valeur minimale au mois de janvier (28,26 mm) (**Lauginie, 2007**). Les variations moyennes des précipitations de la ville d'Abidjan sont caractérisées par quatre saisons dont deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. La grande saison sèche s'étend de début janvier à fin février suivie par la grande saison des pluies qui part de mars à juillet. La petite saison sèche qui se situe au mois d'août, intervient après la grande saison des pluies. La petite saison des pluies s'étendant de début septembre à fin décembre parachève la boucle saisonnière du climat de cette relique forestière (**Lauginie, 2007**).

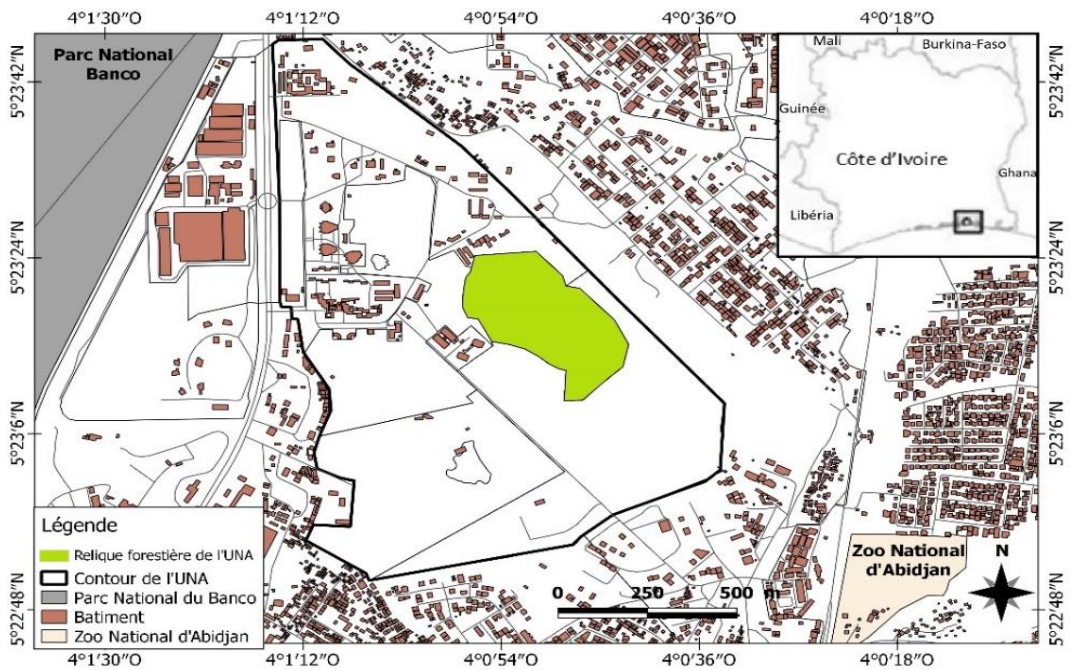


Figure 1. Localisation de la relique forestière de l'UNA

Méthodes de collecte de données

Données d'observations directes

Les indices anthropiques sur l'habitat et sur les singes ont été collectés durant 24 mois, de janvier 2018 à décembre 2019 dans les types d'habitats, pendant les différentes saisons lors du suivi journalier des singes. Ce suivi consistait à repérer les singes tôt le matin vers 6 h 30 et à les suivre dans leur activité journalière jusqu'en fin d'après-midi à 17 h30. Lors de ce suivi, tous les facteurs de menaces observés pour les singes et leurs habitats étaient notés. Les données comportementales observées ne sont pas l'objet de cette étude. Les indices anthropiques recensés concernaient la création des trouées par les étudiants, les pièges, les espèces et le nombre d'individus d'arbre coupés, les trouées (ouvertures naturelles et occupées de façon permanente par les étudiants) récentes ou anciennes fréquentées y compris leurs dimensions, la chasse sous terre (le déterrage des animaux), le prélèvement des organes végétaux, la présence de sachets de pesticides, les espaces cultivés, les dépôts d'ordures, les plastiques usés, les chasseurs et leurs matériels de chasse etc. Les coordonnées géographiques et l'habitat dans lequel l'indice était collecté, ont été renseignés.

Enquêtes auprès de la population riveraine

Un questionnaire conçu a été administré aux riverains qui ont une interaction confirmée avec la relique forestière. Cette communauté riveraine était composée des enseignants, des étudiants, des agents de la police universitaire, des paysagistes, du personnel administratif de l'UNA. Les critères d'identification des enquêtés étaient la fonction, le grade, le niveau d'étude, l'unité de formation et de recherche, la durée de présence à l'UNA, le sexe et le service. Ces personnes ont été interrogées en vue de connaître leur perception sur de la gestion durable de cette relique forestière. Sur la base de l'effectif total de la population riveraine, un échantillon représentatif de 401 personnes à interroger a été obtenu à partir de la formule $n = (z)^2 p (1 - p) / d^2$ (Pupion, 2008) où n représente la taille de la population totale à interroger, z = niveau de confiance selon la loi normale centrée réduite, p représente le niveau de perception de l'importance de la conservation et de la gestion durable de cette forêt par la communauté universitaire de l'UNA. La perception p n'étant pas connue, l'on considère $p \cdot (1-p) = 0,25$; d est la marge d'erreur fixée à 5%.

Analyses des données

Les données sur les menaces directes sur la forêt ont été renseignées dans le tableur Excel Office 2016. Le logiciel XLSTAT. Pro 2016 a permis de faire les différents tests avec un seuil de significativité de 5%. Ainsi, des tests de ANOVA, de comparaison de Marasculio et le test de Dunn suivi de la correction de Bonferroni (khi^2) ont permis de faire des comparaisons des facteurs entre les types d'habitats. En outre, des tests de Kolmogorov et Sminov ont été utilisés pour monter la distribution des facteurs dans les habitats au cours des différentes saisons. Les proportions des visites par trouée ont été calculées en fonctions des saisons afin d'évaluer leur niveau de pression. Pour ce qui est des facteurs indirects provenant des enquêtes, les tests de khi^2 ont été utilisés pour établir les liens entre les proportions des perceptions. Ensuite, les tests de comparaison de Marasculio et le test de Dunn suivi de la correction de Bonferroni (Mitchell et Takacs-Vesbach, 2008) ont permis de comparer, de regrouper et de ressortir le niveau de connaissance des différentes couches sociales de l'UNA.

Résultats

Caractérisation de la relique forestière

Sur les 10 ha de la relique forestière, la forêt secondaire occupe environ 2,5 ha, soit 25% du site. Dans cette partie, on trouve les grands arbres natifs des forêts primaires. La grande partie de 6,25 ha, soit 62,5% de la superficie totale, est représentée par la jachère (JA) dont les arbres majoritaires sont *acacia mangium*, *Psydrax subcordata* et *Macaranga barteri*. Les espaces

cultivés (EP) d'anciens champs expérimentaux de banane et de manioc, devenus des propriétés familiales dans lesquels fourragent les singes, constituent la dernière composante de 1,25 ha soit 12,5 % de cette relique forestière.

Indices anthropiques dans les différents types d'habitats de la relique

Un cumul de 1510 indices anthropiques regroupés en trois grands principaux facteurs anthropiques a été observé dans tous les types d'habitats durant les deux années d'étude. Ces facteurs sont la pollution physique, le défrichement et le braconnage. L'analyse des différentes proportions de ces facteurs montre que leur répartition est statistiquement différente sur les deux années de l'étude (Test de χ^2 P-value= 0,022) (Tableau 1). Sur les deux années, la comparaison par paire selon la Procédure de Marascuilo a montré que la pollution physique (63,95 %) était la plus observée suivie respectivement du défrichement agricole (18,92 %) et du braconnage (17,13 %) qui sont en proportions identiques.

Tableau 1. Comparaison des proportions des différents facteurs de menaces

Facteurs de menace	Proportions -année 2018	Proportions -année 2019
Pollution physique	63,95 b	73,18 b
Braconnage	17,13 a	14,92 a
Défrichement	18,92 a	14 a

Les proportions suivies d'une même lettre alphabétique sont statistiquement identiques au seuil de 5% (comparaison par paire de la Procédure de Marascuilo).

Distribution des facteurs par habitat

Les observations faites montrent que les différents facteurs de menace se retrouvent dans la forêt secondaire, la jachère et les espaces cultivés. L'analyse de la distribution des facteurs anthropiques montre que les proportions de ces facteurs sont statistiquement identiques dans les différents habitats pendant les deux années de l'étude (Test du χ^2 , p-value=0,373>0,05). Le Test de Procédure de Marascuilo (p-value=0,379 > 0,05) a montré que les proportions des facteurs de menace sont sensiblement égales dans les trois habitats en 2018 (Tableau 2).

Tableau 2. Comparaison des proportions des facteurs de menace dans les types d'habitats

Type d'habitats	Proportions-année 2018	Proportion-année 2019
Espaces cultivés	33,0% a	31,3 % a
Forêt secondaire	31,3 % a	32,7 % a
Jachère	35,7 % a	36,0 % a

Les proportions suivies d'une même lettre sont statistiquement

identiques au seuil de 5% (Test de Procédure de Marascuilo, p-value= 0,385) pendant les deux années.

Pollution physique

Le nombre d'indices de pollution physique recensé sur les deux années de l'étude était de 1125. Ces indices sont les dépotoirs d'ordures, les lieux de douche et lieux de fèces humaines. L'analyse de la répartition de ces indices de pollution ne montre aucune différence significative durant les deux années suivant le test du khi², p-value=0,238 > 0,05 (tableau 3). Cependant, le même test de khi² a montré une différence significative des proportions des indices de pollution dans les différents habitats (Test de khi² et de Test de Procédure de Marascuilo p-value=0,0001 < 0,05, tableau 4). Ces proportions montrent que les dépotoirs d'ordures à 64,6% sont dans la forêt secondaire, les lieux de déjections humaines dans la jachère à 57, 2% et les lieux de toilettes dont 78,8 % se retrouvent dans les espaces cultivées.

Tableau 3. Comparaison des proportions des indices de pollution sur les deux années

Indices de pollution physique	Proportions-année 2018	Proportion-année 2019
Dépotoirs	34,2% a	31% a
Lieux de douche	32,6 % a	33,2 % a
Lieux de Fèces humaines	33,2 % a	35,8 % a

Les proportions suivies d'une même lettre alphabétique sont statistiquement identiques au seuil de 5% (Test de Procédure de Marascuilo, p-value > 0,05) pendant les deux années.

Tableau 4. Comparaison des proportions des indices de pollution dans les types d'habitats

Indices de pollution physique	F.S (%) 2018-2019	JA (%) 2018-2019	EC (%) 2018-2019
Dépotoirs	64,6 c	13,4 a	11,1 a
Lieux de douche	9,8 a	29,4 a	78,8 b
Lieux de Fèces humaine	25,6 b	57,2 b	10 ,1 a

Les proportions suivies d'une même lettre sont statistiquement identiques au seuil de 5% (Test de Procédure de Marascuilo, p-value > 0,05) pendant les deux années.

Braconnage

Au total 203 indices de braconnage ont été enregistrés au cours de la période d'étude : les pièges (83,7%), le déterrage des animaux (11,25%), les chiens de chasse (2,5%), les lance -pierres (1,3%) et les braconniers (1,25%). Ces indices étaient repartis sur toute la période de l'étude dans la relique forestière. L'analyse de la répartition des indices de braconnage ne montre aucune différence significative dans les différents habitats durant les deux années (Test du khi², p-value=0,800 > 0,05). Le Test de Procédure de

Marascuilo ($p\text{-value}=0,7469 > 0,05$) a montré que les proportions des indices de braconnage ont été sensiblement identiques en 2018 sur les 144 indices retrouvés dans ces trois habitats (Tableau 5). En 2019, 59 indices ont été collectés.

Dans la jachère et les espaces cultivés, le Test de χ^2 ($p\text{-value}=0,014 < 0,05$) a montré une différence significative au niveau des indices. Le Test de Procédure de Marascuilo ($p\text{-value}=0,005 < 0,05$) a montré que les proportions étaient statistiquement différentes.

Tableau 5 .Comparaison des proportions des indices de braconnage dans les types d'habitats

Indices de braconnage	Forêt secondaire (%)		Jachère (%)		Espaces cultivés (%)	
	An-2018	An-2019	An-2018	An-2019	An-2018	An-2019
Braconniers	0 a	0 a	1 a	0 a	0 a	0 a
Chiens	0 a	0 a	1 a	1a	0 a	0 a
Lance-pierre	0 a	0 a	1a	1a	0 a	0 a
Déterrage d'animaux	12,5b	10,2 a	74,1 b	29,2 b	12,5 b	60,6 c
Pièges	17,4 a	14,3a	45,1c	24 b	16,3a	69,4b

Les proportions suivies d'une même lettre alphabétique sont statistiquement identiques au seuil de 5% (Test de Procédure de Marascuilo, $p\text{-value} > 0,05$) sur les deux années de l'étude.

Les indices de défrichement, superficie et répartition des trouées

Sur les deux années d'étude, 239 indices de défrichement de la relique forestière ont été inventoriés. L'ordre d'importance de ces indices montre la coupe des végétaux à 58,16 % suivie de l'aménagement des aires de révisions à 17,15 %. Le prélèvement des plantes médicinales et le ramassage de bois de chauffe ont été observés respectivement à 9,21%, et 6,27 %. L'extraction de vin de palme à 5,03% et l'ouverture de nouveaux espaces cultivables à 4,18 %, figuraient dans l'ensemble des indices. Les trouées occasionnées par le défrichement ont donné lieu à 34 ouvertures (trouées) qui occupaient une superficie de 1139 m². L'analyse descriptive a donné 25 trouées en 2018 pour une superficie de 984 m², soit 86,63% de la superficie totale des trouées. En 2019, un total de neuf trouées de 155m², soit 13,60% de la superficie totale des trouées ont été recensées dans la relique forestière

La distribution spatiale et temporelle des indices de défrichement montre qu'il n'y a aucune différence significative au niveau de la forêt secondaire et la jachère en 2018 selon le Test de Kolmogorov-Smirnov ($P\text{-value} > 0,05$). Aussi, le cumul des observations dans les deux types d'habitats sur les deux années montre aucune différence significative suivant le Test de Kolmogorov-Smirnov ($P\text{-value} > 0,05$; Tableau 6).

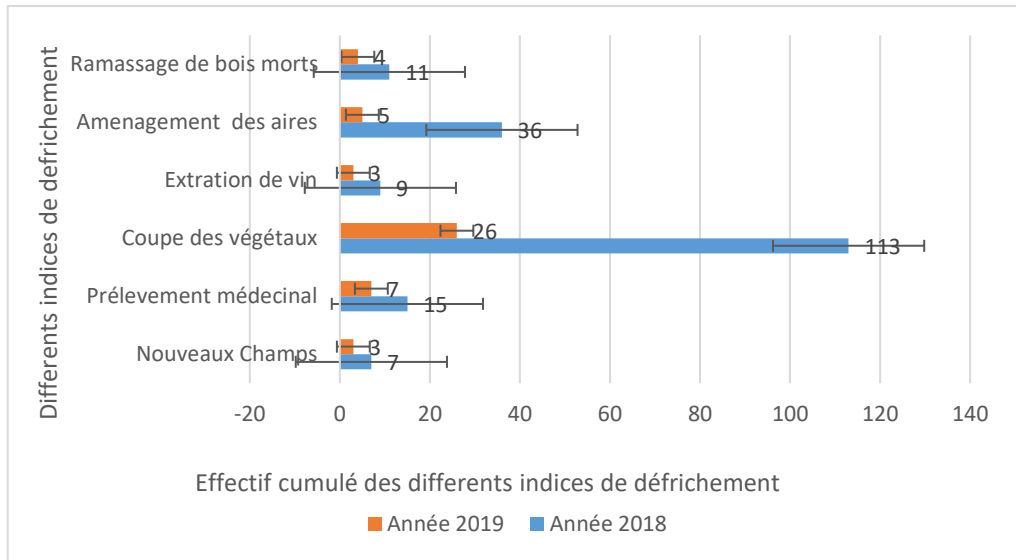


Figure 2. Les différents indices de défrichement sur les deux années

Tableau 6. Proportions de la superficie des trouées dans les types d'habitats

Superficie -trouées	Proportions FS (%) -année		Proportions JA (%) -année	
	2018	2019	2018	2019
Nouveaux espaces	0 (a)	0 (a)	12,2 (a)	18,4 (b)
Extraction de vin de palme	25,1 (a)	0,41 (a)	12,6 (a)	70,9 (c)
Coupe des végétaux	32,2 (b)	98,69 (b)	13,7 (a)	5,7 (a)
Aménagement des aires	42,7 (c)	0,9 (a)	61,4 (b)	5 (a)

Les proportions suivies d'une même lettre alphabétique sont statistiquement identiques au seuil de 5% (Test de Procédure de Marascuilo, p-value < 0,01) sur les deux années de l'étude

Perception de la population riveraine sur la conservation durable de la relique forestière et des Mones de Lowe

Perception des populations riveraines sur l'existence du braconnage

Les couches enquêtées ont une méconnaissance de l'existence du braconnage. Sur les 401 personnes interrogées, 314 personnes soit 78,59 % affirment que le braconnage n'est pas pratiqué dans la relique forestière de l'UNA. Le test du khi², p-value < 0,01 a montré que le niveau de connaissance sur l'existence du braconnage des singes par les différentes couches socio-professionnelles est significatif d'une personne à une autre (Tableau 7).

Tableau 7. Comparaisons des proportions sur le niveau de l'existence du braconnage des singes

Couches socio -professionnelles	Proportions (%)	
	Oui	Non
● Personnel administratif	0 (a)	28,6 (c)
● Etudiants	21,91 (c)	51, 1 (d)
● Personnel technique	40,49 (d)	5 (a)
● Enseignants	22,6 (c)	12,1 (b)
● Autres	15 (c)	3,2 (a)

Les proportions suivies d'une même lettre alphabétique sont statistiquement identiques au seuil de 5% (Test de Procédure de Marascuilo, p-value < 0,001).

Niveau de connaissance des enquêtés sur l'identité des braconniers

Avant la crise post-électorale de l'année 2010, les personnes qui chassaient illégalement le petit gibier seraient les hommes en treillis cités dans 43,1% des cas, la population de la périphérie (27,8%), le personnel technique (20,2%). Selon les personnes interrogées (N = 401), les étudiants et les enseignants font partie des braconniers, cités respectivement par 5,9 % et 3% des personnes interrogées. Après la crise, pendant notre étude, les braconniers seraient principalement des membres du personnel technique de l'UNA cités par 49,2% des enquêtés, suivis des étudiants cités dans 44,1 % des cas. Les enquêtes montrent aussi que la population riveraine ferait partie à 6,7% des braconniers (Tableau 8)

Tableau 8. Comparaisons des proportions sur l'identité des braconniers

Identité des braconniers	Proportions (%)	
	Avant année 2010	Après année 2010
● Etudiants	5,9 (a)	44,1 (c)
● Personnel technique	20,2 (b)	49,2 (c)
● Population vivant à la périphérie	27,8 (c)	6,7 (b)
● Enseignants	3 (a)	0 (a)
● Personnes en treillis	43,1 (d)	0 (a)

Les proportions suivies d'une même lettre alphabétique sont statistiquement identiques au seuil de 5% (Test de Procédure de Marascuilo, p-value < 0,001).

Niveau de connaissances des enquêtés sur les raisons d'une probable extinction des Mones

La raison actuelle qui peut expliquer la probable extinction de la population des Mones est le manque de priorité des autorités universitaires, exprimée dans 37,7% des cas. D'autres causes telles que le risque de consanguinité évoqué par 20,6% des enquêtés, le braconnage (11,4 %),

l'ingérence de la politique dans la prise des décisions de gestion (7,5 %), l'émigration des singes au Parc national du Banco (6,7%), la destruction totale de la forêt (6,4%), sont évoquées comme causes de la raréfaction des singes dans la relique forestière par les personnes interrogées.

Le Test du χ^2 à $p\text{-value}=0,003 < 0,05$ et celui de la Procédure de Marascuilo à $p\text{-value}=0,002 < 0,05$ montre des différences significative dans les proportions des réponses (Tableau 9).

Tableau 9 .Comparaisons des facteurs d'extinction des Mones de Lowe

Facteurs probables d'extinction des Mones	Proportions (%)	
	Oui	Non
● Emigrer au Parc National du Banco	6,7 (a)	37,3 (a)
● Ingérence de la politique	7,5 (a)	25,7 (a)
● Risque de Consanguinité élevé	20,6 (b)	19,4 (a)
● Proximité des hommes	3,3 (a)	1,6 (a)
● Braconnage intensif	11,4 (a)	1,5 (a)
● Manque de nourriture	2,9 (a)	7,1 (a)
● Manque de priorité des autorités universitaires	37,7 (c)	4,3 (a)
● Destruction totale de la forêt	6,4 (a)	4 (a)

Les proportions suivies d'une même lettre alphabétique sont statistiquement identiques au seuil de 5% (Test de Procédure de Marascuilo, $p\text{-value}=0,002 < 0,05$).

Facteurs de la disparition de la forêt selon les personnes interrogées

La construction de nouvelles infrastructures (34,7%), le manque d'implication des autorités universitaires (20,6%), la surexploitation des ressources (13,9%) et la culture de subsistance (10,6%) entraineraient la disparition de cette relique forestière selon les personnes interrogées. Par ailleurs, l'extinction des Mones de Lowe (4,5%) et la nuisance causée par les animaux de ladite relique forestière sont cités comme des facteurs de la disparition de la forêt de l'UNA. L'analyse des différentes proportions des réponses des enquêtées est statistiquement significative suivant les Test du χ^2 , $p\text{-value}=0,0001$ et de la procédure de Marascuilo à $p\text{-value}=0,0002$ (Tableau 10).

Tableau 10. Comparaison des proportions des facteurs de disparition de la forêt

Facteurs de disparition de la forêt	Proportions des réponses (%)	
	Oui	Non
● Cultures de subsistance	10,6 (a)	9,4 (a)
● Surexploitation des ressources	13,9 (a)	6,1 (a)
● Nuisance des animaux de ladite forêt	3,9 (a)	71,4 (b)
● Ingérence de la politique	11,8 (a)	1,2 (a)
● Manque d'implication des autorités universitaires	20,6 (b)	3,4 (a)
● Construction de nouvelles infrastructures	34,7 (c)	5,3 (a)
● Extinction des Mones de Lowe	4,5 (a)	3,2 (a)

Les proportions suivies d'une même lettre alphabétique sont identiques (Test de Procédure de Marascuilo, $p=0,0001 < 0,05$).

Perceptions du rôle des autorités par les enquêtées

Les principaux comportements des autorités qui pourraient impacter négativement les singes et leur habitat sont, selon les populations, le manque de volonté administrative (32,7%), l'inaction des autorités (20,9 %), le manque d'implication (19,6%) et le manque de suivi (16,8%). D'autres raisons ressorties des enquêtes relèveraient du manque d'intérêt (3,5%), de la négligence (3,3%), de l'ignorance des autorités (2,5%), de la mauvaise gestion (0,38%), de l'ingérence de la politique du ministère de l'enseignement supérieur (0,21%), et du manque de moyens financiers (0,11%). Le Test du χ^2 , $p\text{-value}=0,0001 < 0,05$, ont montré que les réponses et les proportions des perceptions sont différentes (Tableau 11).

Tableau 11. Comparaison des proportions de réponse sur la perception des autorités

Perceptions des autorités	Proportions des réponses (%)	
	Oui	Non
● Négligence	3,3 (a)	26,7 (b)
● Manque d'implication	19,6 (b)	34,4 (c)
● Manque d'intérêt	3,5 (a)	2,8 (b)
● Ignorance	2,5 (a)	2,5 (b)
● Manque de volonté administrative	32,7 (c)	21,3 (b)
● Inactions des autorités	20,9 (b)	9,1 (a)
● Manque de surveillance	16,8 (b)	3,2 (a)
● Ingérence de la politique	0,21 (a)	0 (a)
● Mauvaise gestion	0,38 (a)	0 (a)
● Manque de moyens financiers	0,11 (a)	0 (a)

Les proportions suivies d'une même lettre sont statistiquement identiques au seuil de 5% (Test de Procédure de Marascuilo, $p\text{-value}=0,0001 < 0,05$).

Discussion

Menaces observées

Les actions anthropiques sont reconnues comme étant les principaux déterminants de la dégradation des écosystèmes forestiers (**Inoussa et al., 2013**). Cela est confirmé par les résultats de la présente étude. Les différentes formes de menaces recensées sont la pollution, le braconnage et la dégradation ou la perte de l'habitat. Elles constituent de sérieuses menaces pour la conservation de la biodiversité en général et particulier de la Mone de Lowe de la relique forestière de l'UNA. En somme, on distingue deux types de menaces : les menaces sur les Mones de Lowe (le braconnage) et les menaces sur la forêt (la dégradation).

Le braconnage se pratique avec essentiellement des pièges, voire avec des chiens, la creusée des terriers et par les lances pierres dans la forêt. Cette forme de braconnage n'utilisant pas le fusil dans la relique forestière attire peu d'attention de la population riveraine. Le braconnage est une pratique courante pour les populations riveraines des forêts tropicales (**Refisch et Koné, 2006 ; Bitty et al., 2013**). Les personnes qui s'adonnent à cette pratique sont dans la grande majorité les jardiniers qui sont des agents du personnel technique, et propriétaires des champs de subsistance. En plus de ces personnes, il faut mentionner les agents du patrimoine du service de l'environnement de ladite université, les étudiants et la population vivant à la périphérie de clôture de l'université. Tous les agents du service du patrimoine par exemple disent s'adonner au défrichage agricole dans la relique forestière de l'UNA parce qu'ils ont des revenus mensuels faibles équivalent à peine au SMIG (soit 60 000 FCFA en Côte d'Ivoire). Le braconnage pratiqué par les étudiants peut s'expliquer par plusieurs raisons : certains étudiants venant des villages maîtrisent les techniques de chasse par la pose de pièges et la chasse sous terre des animaux. D'autres appartiennent à un groupe syndical étudiant et se sentent intouchables. Bien que la relique forestière soit en milieu urbain, elle constitue un lieu de braconnage visant les rats géants *Cricetomys emini*, des serpents cobras *Naja nigricollis*, Francolin *Francolis de Nathan*, et même de ces singes Mone de Lowe. La viande de brousse reste une source importante de protéines dans de nombreux pays d'Afrique subsaharienne (**Refisch et Koné, 2006**). En effet, dans certaines régions africaines, la viande d'animaux domestiques est rare et plus chère (**Fa et al., 2003**). Les animaux sauvages sont donc chassés pour l'alimentation (**Bennett et Robinson, 2000**). Les résultats de la présente étude vont dans le même sens que celle de **Colell et al. (1994)**. En effet, les populations des quartiers périphériques de la relique forestière et des habitations de faible standing, à maigre revenus, s'adonnent régulièrement à la chasse de subsistance. Cependant, de nombreuses études ont montré que la chasse commerciale et de subsistance peut entraîner une exploitation non durable des ressources animales (**Peres, 2000a**). Cela est confirmé par la présente étude, qui a montré que la relique forestière regorgeait des espèces comme les guibs harnachés *Tragelaphus Scriptus*. Ces animaux et plusieurs autres espèces de grands mammifères ont été exterminés progressivement de la relique forestière (**Kambiré et al., 2021**). De plus, il y a eu au cours de notre étude dans cette relique forestière, la disparition de trois individus dans de l'effectif des Mones de Lowe. En effet, bien que la relique forestière soit à l'intérieur de l'UNA entièrement clôturée, il existe des entrées du côté de l'Hôpital Militaire d'Abidjan (HMA) par lesquelles les braconniers rentrent et sortent sans être inquiétés.

La relique forestière n'est pas gérée de façon efficace. La population riveraine et celle de la périphérie (en dehors de l'UNA) pratiquent le

braconnage en toute impunité surtout dans la jachère. Ils procèdent généralement par la creusée des terriers les jours non ouvrés pendant lesquels l'université est peu fréquentée. Outre l'usage de la creusée des terriers et des pièges, sont également utilisés pour le braconnage, les chiens de chasse qui facilitent l'abattage ou la capture des singes. Devant les chiens suffisamment entraînés aussi bien à la course qu'aux fouilles et à la détection des proies cachées, la technique de dissimulation dans les sous-bois utilisée par les Mones de Lowe et les rats, devient peu efficace. Aussi, faut-il redouter la rage que ces chiens peuvent transmettre aux singes en cas de morsures. Les singes ou tout autre animal, une fois abattus ou capturés servent à l'alimentation. La collecte des données par observations directes faites au Togo a mis en évidence les mêmes techniques de chasse (**Agbessi et al., 2017**). La relique forestière est sujette de la périphérie à l'intérieur, à des exploitations abusives des produits forestiers ligneux et non ligneux. De nombreux exploitants, pour la plupart des étudiants, y pénètrent pour s'approvisionner en supports végétaux de construction des serres de recherche. Il s'ensuit alors des coupes anarchiques de bois surtout de végétaux frais. Ce qui est constaté, ces deux dernières années, est l'abattage massif d'*Acacia mangium*, espèce introduite et de *Maracanga barteri*, toutes les deux, ressources alimentaires des Mones de Lowe (**Kambiré et al., 2021**). De plus, des trouées sont ouvertes par les étudiants des laboratoires de phyto-physiologie, qui viennent déterrer les racines de Djeka *Alchornea cordifolia* pour des travaux de recherche en laboratoire. Les jardiniers coupent des surfaces relativement importantes de *Acacia mangium* et *Maracanga barteri* pour faire les champs de manioc. La culture de manioc constitue la source de revenus phare pratiquée jouxtant les limites de la forêt. Une fois à maturité, le manioc est déterré et vendu sur place aux commerçantes de produits vivriers dans les quartiers de la périphérie. Les étudiants extraient le vin de palme dans les différents types d'habitats de la forêt. Pourtant, ces palmiers abattus servent de ressources alimentaires pour les animaux notamment les Mones de Lowe (**Kambiré et al., 2021**). La relative disponibilité et l'abondance des ressources alimentaires dans la forêt secondaire et dans la jachère se trouvent impacter par les activités anthropiques. La population de Mones est obligée de trouver d'autres ressources alimentaires telles que la banane, le manioc, la papaye, etc. dans les espaces cultivés.

Perception de la population riveraine sur la conservation de la forêt

De façon générale, le pourcentage de 61,53% soit 8 sur 13 du personnel administratif de l'UNA laissent croire que les autorités universitaires ne pensent pas que la gestion de la biodiversité de cette relique forestière puisse apporter des changements à sa gestion. En moyenne 135 personnes soit 33,66% sur les 401 personnes enquêtées pensent que l'attitude des

responsables de cette université pourrait témoigner cette perception. En effet, ces autorités semblent montrer un manque d'intérêt dans la gestion de cette forêt. Aucune mesure draconienne de surveillance n'existe pour contrecarrer les différentes incursions de tout usager. De plus, les enseignants (78,25%) affirment qu'il y a un manque de volonté manifeste des autorités universitaires. Or les enseignants constituent une frange importante de la population de l'UNA dans la prise des décisions universitaires. L'aménagement des structures universitaires pour la construction des bâtiments d'amphithéâtre, de travaux dirigés, des préaux de révision des cours et même des infrastructures sportives, serait sans doute le premier facteur qui pourrait faire disparaître la relique forestière de l'université si des efforts de conservation immédiate ne sont pas entrepris. Cette cause est illustrée par la proportion élevée (n=207 soit 51,62%) des réponses données par les différentes couches interrogées. En effet, la forêt était constituée de deux îlots forestiers résiduels, séparés par une piste large de 4 mètres et par des bâtiments, par endroits avant la crise post-électorale de 2010. Cette construction implique la destruction partielle ou totale de blocs de forêt (**Kambiré et al., 2021**). En outre, le besoin actif des produits vivriers à travers les cultures de subsistance, qui a pour corollaire la recherche des portions plus fertiles de la relique forestière, est actuellement un facteur clé de menace de cette relique forestière. Toute la relique forestière dans sa quasi-totalité est entourée de champs de manioc, de banane, de potager et de maraîcher. Ces observations vont dans le même sens que les conclusions des travaux de **Ali et al. (2014)** sur les forêts sacrées ou communautaires de la Basse Vallée de l'Ouémé au Sud-Est du Bénin. En effet, la forêt sacrée de Badja est soumise à une forte pression se traduisant par la disparition des terres, des espèces végétales et animales au profit des champs. **Sambiéni et al. (2015)** sont parvenus à la même conclusion sur la dégradation paysagère de la forêt classée de l'Ouémé Supérieur au nord du Bénin. Les travaux de **Traoré et al. (2011)** sur les ressources végétales ligneuses dans le Sud-Ouest du Burkina Faso et de **Savado et al. (2011)** sur les bois sacrés en société Mossi (Burkina Faso), confirment les résultats de cette étude.

Le fort braconnage que subit cette relique forestière peut entraîner l'extinction des singes. Cette extinction des Mones aurait pour corollaire la disparition de cette relique forestière. En effet, cette forêt relique constitue un véritable site de recherche en particulier en primatologie par l'approfondissement et la diversification des thèmes d'études qui suscitera des vocations dans le domaine de recherche. Ce résultat est justifié par la réponse de 62 personnes enquêtées soit 15,46%. En effet, les singes sont considérés comme les espèces animales emblématiques de ladite relique forestière. Leur présence attire la curiosité des visiteurs et des personnes qui font leurs premiers pas dans cette université. Ces singes sont donc vus comme

patrimoine de la relique forestière, appartenant à l'UNA. De plus, les riverains affirment que les singes sont de sujets de recherche pour certaines facultés universitaires. Ces résultats corroborent les observations de **Kouakou et al. (2017)** et **Koffi et al. (2019)** dans les reliques forestières de Soko-Bondoukou et Gbetitapea-Daloa en Côte d'Ivoire. Dans ces reliques forestières, les singes ayant des importances culturelles, touristiques et éducatives ont permis encore de sauvegarder ces fragments de forêt.

Même si l'ordre d'importance des facteurs de dégradation perçu par les populations diffère selon les personnes interrogées, le manque d'implication des autorités universitaires exprimé par 32 personnes interrogées soit 7,98%, demeure un aspect dans la disparition de cette relique forestière. Dans le mécanisme de la cogestion des habitats sensibles, l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) préconisent que les riverains ou les autorités locales soient les premiers acteurs clés dans la mise en œuvre des stratégies de la gestion participative des ressources naturelles. En effet, l'implication de la population locale part du postulat selon lequel les exploitants d'une ressource sont aussi ses gestionnaires (**Renard, 1991**). Pour **Buttoud (1998)**, cette situation pose toujours l'épineux paradoxe de la nécessité de l'intervention humaine dans la gestion durable des ressources naturelles exploitables. Il est apparu de plus en plus dans le contexte de la gestion durable de la nature, que de nombreux systèmes de ressources se maintiennent longtemps grâce à l'action de ceux qui en tirent leurs moyens de subsistance (**Ostrom, 1991**). Or, un total mutisme et attentisme est très marqué dans les attitudes des autorités universitaires. Un doyen d'Unité de Formation et de recherches disait en ces termes « cette relique *forestière n'est pas la priorité des autorités de cette université, aucun intérêt ne lui est accordé à telle enseigne que ces singes sont pris dans une sorte de piège* ». Et pourtant, des projets financés par des bailleurs internationaux ont été exécutés dans cette relique forestière **Yeo et al. (2013)**.

Conclusion

La présente étude a permis de mieux évaluer les différents facteurs qui menacent la conservation des populations des singes de la forêt de l'UNA. Les activités anthropiques regroupées en trois facteurs directs constituent les plus grandes menaces à savoir : la pollution avec 71, 24 % des observations (N = 1510), suivis du défrichement avec 15, 21 % et du braconnage avec 13,50 % de l'ensemble des facteurs de menace. Au sujet des résultats de l'enquête, les personnes interrogées (N = 401) évoquent par ordre d'importance, le manque de volonté administrative à 32,7%, l'inaction des autorités en charge de la protection de la faune à 20,9 % et le manque de surveillance de ces singes (16,8 %). Ces résultats suggèrent que les autorités de l'université devraient mettre en place un dispositif de surveillance de cette forêt et de protection de

cette population de singes qu'elle abrite, y compris un dispositif de prévention des conflits homme-faune sauvage. Ces singes et leur habitat constituent un véritable laboratoire naturel au cœur d'une métropole. Il urge qu'une surveillance et une campagne de sensibilisation auprès de la population riveraine soient faites pour assurer la protection et la sauvegarde des singes de l'UNA.

Remerciements

Les auteurs de la présente étude remercient les autorités de l'UNA et en particulier les Doyens et vice -doyen de l'UFR des Sciences de la Nature de ladite université pour avoir autorisé cette étude. Merci au Centre Suisse de Recherches Scientifiques qui a mis à disposition le matériel. Ils expriment également leur reconnaissance aux populations riveraine de l'UNA et à tous les chercheurs qui ont contribué à la relecture de versions antérieures de cet article.

References:

1. Adou Yao CY., N'Guessan KE. (2005). Diversité botanique dans le Sud du Parc National de Taï, Côte d'Ivoire. *Afrique Science* 01(2), 295-313
2. Ali KFMR., Odjoubere J., Tente AHB., Sinsin AB. (2014). Caractérisation floristique et analyse des formes de pression sur les forêts sacrées ou communautaires de la Basse Vallée de l'Ouémé au Sud-Est du Bénin. *Afrique Science.*, 10 (2) : 243-257
3. Agbessi KGE., Ouedraogo M., Camara M., Segniagbeto H., Hounbedji MB., Kabre AT. (2017). Distribution spatiale du singe à ventre rouge, *Cercopithecus erythrogaster erythrogaster* Gray et les menaces pesant sur sa conservation durable au Togo. *International Journal and Biological Chemistry Sciences*. 11(1): 157-173
4. Arroyo-Rodríguez V., Pineda E., Escobar F., Benítez-Malvido J. (2009). Value of small patches in the conservation of plant-species diversity in highly fragmented rainforest. *Conservation Biology*, in press. doi:10.1111/j.1523-1739.2008.01120.x
5. Arroyo-Rodríguez et Mandujano. (2009). Conceptualization and measurement of rainforest fragmentation from the primates' perspective. *International Journal Primatology*, 30 :497–514
6. Avenard JM., Eldin M., Girad G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet J., Adjanohoum E., Perraud A. (1971). Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM n°50, Paris Franc, 1-392
7. Bakayoko A., Martin P., Gautier L., Chatelain C., Traore D., Spichiger R. (2004). Etude comparative des massifs forestiers entourant la zone

- de Taï à Zagné (sud-ouest de la Côte d'Ivoire). *Candollea*, 59(2) : pp 191-229.
8. Barbosa O., Marquet AP. (2002). Effects of forest fragmentation on the beetle assemblage at the relict forest of Fray Jorge, Chile. *Oecologia* 132: 296-306.
 9. Bennett LE., Robinson JG. (2000). Hunting of wildlife in tropical forests implications for biodiversity and forest peoples. *Environment Department Papers*. Paper No. 76, The World Bank.
 10. Bitty EA., Gonedele Bi S., Koffi BJ-C., Kouassi PK., McGraw WS. (2015). Cocoa farming and primate extirpation inside Cote d'Ivoire's protected areas. *Mongabay.com Open Access Journal Tropical Conservation Science* Vol.8 (1) : 95-113, 2015
 11. Bitty, EA., Kadjo B., Gonedelé BI S., Okon OM., Kouassi KP. (2013). Inventaire de la faune mammalogique d'une forêt urbaine, le Parc National du Banco, Côte d'Ivoire, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(4) : pp 1678-1687.
 12. Buttoud G. (1998). Les politiques forestières. Que sais-je ? PUF, Paris, 125 pages.
 13. Brou YT., Johan O., Sylvain B., Éric S. (2005). Risques de déforestation dans le domaine permanent de l'Etat en côte d'ivoire : quel avenir pour ces derniers massifs forestiers ? *Contemporary publishing international*, Publié sous l'enseigne Éditions scientifiques GB, *Télé-détection*, 5 (1 -2-3), pp 105 - 121.
 14. Chapman CA., Peres CA. (2001). Primate conservation in the new millennium: The role of scientists. *Evolutionary Anthropology*, 10, 16–3311.
 15. Colell M., Mate C., FA JE. (1994). Hunting among Moka Bubis in Bioko: Dynamics of faunal exploitation at the village level. *Biodiversité Conservation*. 3 : 939–950.
 16. Colin A., Chapman., Carlos AP. (2017). Primate Conservation in the New Millennium: The Role of Scientists, *Evolutionary Anthropology*
 17. Cowlshaw G., Dunbar R. (2000). Primate conservation biology. Chicago: University of Chicago Press.
 18. Estrada A., Garber PA., Rylands AB.; Roos C., Fernandez-Duque E., Di Fiore A., Nekaris KAI., Nijman V., Heymann, EW., Lambert JE., Rovero F., Barelli C., Setchell J M., Gillespie TR., Mittermeier RA., Arregoitia LV., Miguel de Guinea., Gouveia S., Dobrovolski R., Shanee S., Shanee N., Boyle SA., Fuentes A., MacKinnon K C., Amato K R., Meyer A LS., Wich S., Sussman RW., Pan R., Koné I., Baoguo. (2017). Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter, American Association for the Advancement of Science

19. Estrada A., Garber P., Pavelka M., Luecke L. (2006a). New perspectives in the study of Mesoamerican primates: Distribution, ecology, behavior and conservation. New York: *Kluwer Academic/Plenum Press*.
20. Estrada A., Coates-Estrada R. (1996). Tropical rainforest fragmentation and wild populations of Primates at Los Tuxtlas, Mexico. *International Journal Primatology*, 17 :759–783
21. Fa JE., Currie D., Meeuwig J. (2003). Bushmeat and food security in the Congo Basin: Linkages between wildlife and people’s future. *Environment Conservation*. 30 (1): 71–78.
22. Fa JE., Peres CA., Meuwig J. (2002). Bushmeat exploitation in tropical forests: An intercontinental comparison. *Conservation Biology*. 16: 232–241.
23. Fahrig L. (2002). Effect of habitat fragmentation on the extinction threshold: a synthesis. *Ecological Applications* 12: 346–353.
24. Gilbert KA. (2003). Primates and fragmentation of the Amazon Forest. In *Primates in Fragments: Ecology and Conservation* (Marsh LK, ed.), pp 145–157. New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers.
25. Inoussa TM., Imorou IT., Mèdaho SA., Sinsin B. (2013). Perceptions locales des déterminants de la fragmentation des îlots de forêts denses dans la région des Monts Kouffé au Bénin. *Journal Apply of Biosciences* ., 66 : 5049-5059. Juste *et al.*, 1995
26. Kadjo B., Ahon DB., Assemian NE. (2018). Evaluation et caractérisation de la faune de Vertébrés. Rapport provisoire du projet Etude d’Impact Environnemental et Social pour la construction du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) d’Abobo (Abidjan), 29p
27. Kambiré SB., Ouattara K., Kouakou JL., Koné I. (2021). Variabilité saisonnière et disponibilité des ressources alimentaires végétales consommées par les Mones de Lowe *Cercopithecus lowei* Thomas, 1923 dans la forêt de l’Université Nangui Abrogoua, Abidjan- Côte d’Ivoire, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 15(5) : 2023-2037
28. Karamoko B., Koffi B J-C., Célestin YK., Kouamé AN., Victorien KC. (2017). Diversité, distribution et statut de conservation des primates dans les reliques de forêts dans la région du Tonkpi, à l’ouest de la Côte d’Ivoire. *European Scientific Journal*, 13, 26: 20-41
29. Kassi JN., Tuo, Y., Zo-Bi I C. (2017). Diversité floristique et infiltration humaine de la forêt classée de la Besso (Côte d’Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 114 : 11299-11308.
30. Koné I., Bahans LI., Ouattara K. (2011). Les mones de Lowe (*Cercopithecus campbelli lowei*) utilisent une stratégie de fourragement optimale dans la forêt Réserve de l’Université d’Abobo

- Adjamé, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(3): 1265-1277.
31. Kouakou Y.V., Zadou DA., N'Guia JC., Ouattara K., Kouassi S., Koffi BJC., Koné I., Ibo J. (2017). Perception contrastée des singes sacrés à Gbetitapea (Centre-Ouest Côte d'Ivoire) *Annale de l'Université de Lomé, Série Lettres*, Tome XXXVII-1,27-38
 32. Koffi BJ-C., Kouakou CV., Bamba K., Zadou DA., Kouakou YV. (2019). Importances Socioculturelles et Économiques des singes des fragments de forêts sacrées pour les Populations riveraines de Gbétitapéa, Centre-Ouest de La Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* Vol.15, No.36 ,1857 – 7881
 33. Lauginie F. (2007). Conservation de la nature et des aires protégées en Côte d'Ivoire. NEI/ Hachette et Afrique Nature, Abidjan, 1- 668.
 34. Mitchell, Kendra R, Cristina DTV. (2008). A comparison of methods for total community DNA preservation and extraction from various thermal environments. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 35(10): 1139–1147. 46.
 35. Missa K.; Soro D.; Seguena F.; Bakayoko A. (2019). Floristic and structural studies of the forest blocks of Nangui Abrogoua University, Cote d'Ivoire *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* (JBES) Volume. 14, No. 1, p. 61-71
 36. OSTROM E. (1999). Coping with tragedies of the commons. *American Review of Political Science*. 2 : 493-535.
 37. Pandey SS., Cockfield G., Maraseni TN. (2013). Major drivers of deforestation and forest degradation in developing countries and REDD+. *Int. J. for Usuf. Mngt.* 14 (1): pp 99- 107.
 38. Peres CA. (2000). Evaluating the impact and sustainability of subsistence hunting at multiple amazonian forest sites. In Robinson, J. F., and Bennett, E. L. (eds.), *Hunting for Sustainability in Tropical Forests*, Columbia University Press, New York, pp. 31–57.
 39. Pupion PC. (2008). Statistiques pour la gestion, *Applications Excel et SPSS*, 2ème édition.
 40. Refisch J., Kone I. (2006). Impact of commercial hunting on monkey populations in the Tai region, Cote d'Ivoire. *Biotropica* 37:136-144
 41. Renard Y. (1991). La gestion communautaire dans les Caraïbes : défis Institutionnel. In *Nature et ressources*, vol. 27, n°4, Unesco, PP. 4-9
 42. Sambiéni KR., Toyi MS., Mama A. (2015). Perception paysanne sur la fragmentation du paysage de la Forêt classée de l'Ouémé Supérieur au nord du Bénin. [VertigO], *Rev. Elect. Sc. Env.*, 15 (2) : 1- 17
 43. Savadogo S., Ouedraogo A., Thiombiano A. (2011). Diversité et enjeux de conservation des bois sacrés en société Mossi (Burkina Faso)

- face aux mutations socioculturelles actuelles. *International Journal and Biological. Chemistry Science.*, 5 (4), 1639-1658
44. Stoner KE., Riba-Hernandez P., Vulinec K., Lambert JE. (2007). The role of mammals in creating and modifying seed shadows in tropical forests and some possible consequences of their elimination. *Biotropica*, 39, 316–327. doi:10.1111/j.1744-7429.2007.00292. x.
45. Traoré L., Ouédraogo I., Ouedraogo A., Thiombiano A. (2011). Perceptions, usages et vulnérabilité des ressources végétales ligneuses dans le Sud-Ouest du Burkina Faso. *International Journal and Biological Chemistry Sciences*. 5(1) : 258-278.
46. Yao CA. (2011). Logiques Des Infiltrations Paysannes Dans Les Forêts Classées En Côte d’Ivoire ». *European Journal of Scientific Research*, 66, (1) : pp 143–152.
47. Yéo K., Tiho S., Ouattara K., Konate S., Kouakou LMM., Fofana M. (2013). Impact de la fragmentation et de la pression humaine sur la forêt de l’Université d’Abobo-Adjamé (Côte d’Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 61, pp. 4551- 4565

Local Knowledge, Perceptions and Uses Values of *Senna obtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby, an Invasive Native Plant Species in Burkina Faso, West Africa

Alhassane Zare
Innocent Charles Emmanuel Traore
Bossila Seraphin Hien
Loyapin Bonde
Oumarou Ouedraogo

Laboratory of Plant Biology and Ecology,
University Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n30p343](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p343)

Submitted: 09 June 2022

Accepted: 27 September 2022

Published: 30 September 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Zare A., Traore I.C.E., Hien B.S., Bonde L. & Ouedraogo O. (2022). *Local Knowledge, Perceptions and Uses Values of Senna obtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby, an Invasive Native Plant Species in Burkina Faso, West Africa. *Scientific Journal, ESJ*, 18 (30), 343.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p343>

Abstract

Invasive species are known to be a threat to agriculture and biodiversity. Thus, many studies have focused on the negative ecological impacts of invasive species, while their importance to livelihoods and human well-being has received little attention. This study aimed to explore people's ethno-ecological knowledge about the invasion of *Senna obtusifolia* and the importance of this species in some local ethnic groups according to two climate zones in Burkina Faso. Three hundred (300) people from eight (08) ethnic groups from surrounding villages of pastoral zones in two contrast climate zones were interviewed. The survey technique was semi-structured interviews, using a previously tested semi-structured questionnaire. A Generalized Linear Model (GLM) with the Poisson distribution was performed to determine the factors that influence the ethno-ecological knowledge of people. For informants, the most important dissemination drivers are animals in the Sahelian zone and humans in the Sudanian zone. Regarding usefulness, the species is harvested by people for 08 use categories with food (100%) and construction (46%) as the most use categories. In fact,

use value of *Senna obtusifolia* differed significantly among climatic zones, ethnic groups ($P < 0.001$). Furthermore, a significant difference between the Mossi and Fulani of the Sahelian zone and those of the Sudanian zone was observed. This study revealed the usefulness of *Senna obtusifolia* for people and findings are essential to promote the species utilization, which could be considered as adaptation strategy to the negative ecological invasion of the species. Moreover, these findings could guide the formulation of management policies and how to valorise more the invasive species.

Keywords: Climatic zone, Ethnic group, invasive species, local knowledge, *Senna obtusifolia*

Introduction

In West Africa, savannas contribute considerably to human livelihoods (Leßmeister et al., 2019; Linders et al., 2019) and represent the most important rangeland zones for natural forage supplying (Hamilton et al., 2003; Zizka et al., 2015). Nowadays, these ecosystems are subjected to degradation due to climate change and anthropogenic pressure (Ben Hassine et al., 2017; Briske, 2017; Hien et al., 2021; Legese & Balew, 2021; Odadi et al., 2017). This degradation lead to overgrazing (Gebreyesus, 2017) and consequently boosts to the occurrence of some invasive species such as *Hyptis suaveolens* and *Senna obtusifolia* (Gebrekios & Tessema, 2018; Kumar et al., 2020; N. Thiombiano et al., 2009). It is stated that the spread of an invasive species mainly depends on three factors: ecological traits, characteristics of recipient ecosystems and human activities (Carey et al., 2012; Davis, 2011; Gibson et al., 2011; Krebs et al., 2011; Thévenot, 2013). Invasive species are listed among the main threats for biodiversity conservation, resulting in ecosystem change and loss of ecosystem services (Early et al., 2016; Kueffer, 2017; Pyšek et al., 2020; Vilà et al., 2010; Walsh et al., 2016). In semi-arid rangelands, declining in forage species due to invasive species compromises forage availability which negatively affect livestock production (Gebreyesus, 2017).

In Burkina Faso, *Senna obtusifolia* is one of the most important native species (SP/CONEDD, 2014) that invades rangelands and proliferates in habitats under intense grazing pressure (Kiema et al., 2014). The species is less palatable at green state (Hiernaux et al., 2016; Kiema et al., 2012). Therefore, its proliferation in rangeland zones is a major constraint to livestock production in the country. The development of efficient management policies to control its invasiveness became a great challenge for the ministry of livestock (DGEAP, 2011). Indeed, to date no research has specifically addressed the management of the species. This may be due to the fact that previous researches on invasive plants were focused on its negative influence

on biodiversity and pasture ecosystems (Archibald et al., 2020; Bailey et al., 2020; R. T. Shackleton et al., 2019). However, invasive species could have positive economic, social and ecological impacts (Charahabil & Akpo, 2018; Souley et al., 2020; Wagh & Jain, 2018) which can be used as adaptation strategy to their negative effects. For instance, some of these species provide provisioning (food, medicine) and regulating (soil fertilization) ecosystemic services to people (S. E. Shackleton & Shackleton, 2018).

Faced with biodiversity loss, a recent study indicated that local people in Burkina Faso are promoting the use of under-utilized species including invasive species as resilience strategy (Ouedraogo et al., 2021). Specifically, young green leaves of *Senna obtusifolia* are used as food in some African countries (Abakar et al., 2019), indicating that this invasive species is potentially valuable. At current stage, the usefulness of the species remains poorly explored (Nacambo et al., 2021). According to (García-Llorente et al., 2008), local people perceptions of invasive species and traditional valorisation forms of these species could help to design efficient and sustainable management policies. Therefore, the objectives of this study were to: (i) explore the ethno-ecological knowledge of local people on the invasion of *Senna obtusifolia*; (ii) identify the use categories of the species and (iii) assess the use value of the species in Burkina Faso. The research questions addressed are:

- (i) Is ecological knowledge on *Senna obtusifolia* associated with specific social profile of people?
- (ii) Do the uses and valorisation forms of the species differ according to ecological zones?

Materials and methods

Study areas

The study was conducted in two contrasted climate and ecological zones in Burkina Faso. The first site was located at Dori in the Sahelian climate zone between 12° 38' to 14° 18' north latitude and 1° 33' to 2° 55' west longitude. The second was located at Sidéradougou in the Sudanian zone between 10°32' and 11°03' north latitude and 4°00' and 4°37' west longitude (Figure 1). Study sites were selected based on the importance of *Senna obtusifolia* in their pastoral areas (DGEAP, 2011). In the Sahelian zone, the average rainfall varies between 400 and 600 mm/year and the annual temperature ranged from 15 °C to 45 °C. Vegetation of this zone is dominated by desert grasslands and scrublands (Kiema et al., 2014). The herbaceous layer vegetation remains mainly dominated by annual grasses and the characteristic herbaceous of rangelands as *Pennisetum pedicellatum* Trin., *Loudetia togoensis* (Pilg.) Hubb., *Triumfetta pentandra* A. Rich., *Achyranthes aspera* L., *Andropogon pseudapricus* Stapf, *Aristida mutabilis* Trin., *Senna*

obtusifolia (L.) H.S. Irwin & Barneby, *Tephrosia pedicellata* Bak., *Acanthospermum hispidum* DC., *Schoenefeldia gracilis* Kunth (Kiema et al., 2014). Agriculture and animal husbandry are the main socioeconomic activities in the zone (Ayantunde et al., 2020). In the Sudanian zone, annual rainfall varies from 800 to 1100 mm with average temperatures varying between 24 °C and 30 °C. Vegetation type is dominated by grasses with scattered shrubs and trees (Traoré et al., 2020). Herbaceous vegetation is dominated by perennial grasses and the characteristic herbaceous species of rangelands are *Schizachyrium platyphyllum* Stapf, *Andropogon africanus* Franch. *Acroceras amplexans* Stapf. *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf., *Brachiaria distichophylla* (Trin) Stapf, *Paspalum scrobiculatum* L., *Panicum phragmitoides* Stapf, *Hyptis suaveolens* Poit., *Sida urens* L., *Senna obtusifolia* L. (Kiema et al., 2014). People incomes are mainly from agriculture and livestock (Sieza et al., 2019).

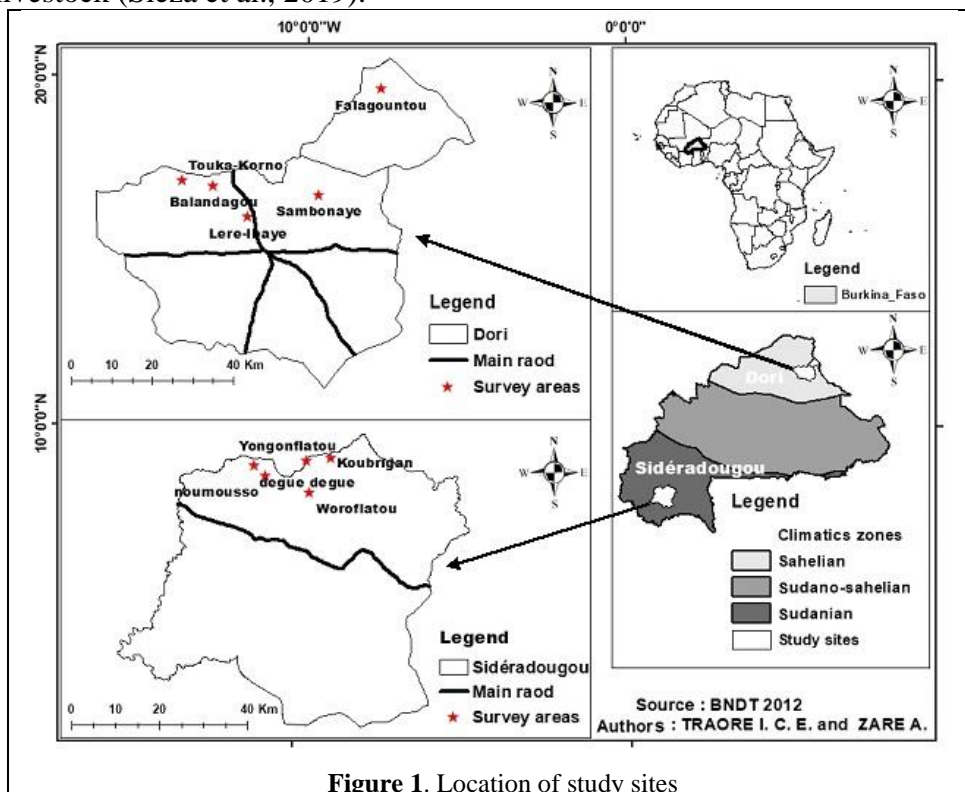


Figure 1. Location of study sites

Sampling design

Stratified sampling design based on climatic zones and social profile of people was adopted. Climate conditions are significant factors affecting occurrence and abundance of plant species as well as resources availability for people, and therefore, could probably

influence people knowledge, perception and preferences in species use. Social profile (ethnicity, gender and age) are also important factors affecting local forest resources management and uses including preferences and valorization (Agúndez et al., 2020; Ouédraogo et al., 2013). Ethnobotanical surveys were conducted in Dori and in Sideradougou. The stratified probability sampling method or proportional stratified random sampling was used (Masengo et al., 2021). It consists of dividing the study area into different strata, represented here by the villages, and associating the same number of respondents with them (Inkoto et al., 2019). Interviews were conducted among people from ten (10) villages located near pastoral areas with five (05) villages per climate zone (Figure 1). Eight (08) ethnic groups were selected considering their knowledge and use of the species. In the Sahelian zone, Gourmantché, Sonrai and Bela were selected. In the Sudanian zone, Bobo, Tieffo and Dogossin were also selected. The two cross-cutting groups are Mossi and Fulani. These two groups are the most dominant ethnic groups in Burkina Faso (Sop et al., 2012). They may have more knowledge about the perception and use of *Senna obtusifolia* because they are well distributed in the whole country.

A preliminary survey was carried out on a random sample of 100 persons in each study site to determine the proportion of the study sample. This survey showed that 50 people know and use *Senna obtusifolia*. The number of informants in each area was determined by the following formula (Dagnelie, 1998):

$$n = \frac{U_{1-\alpha/2}^2 P(1 - P)}{d^2}$$

Where n is the sample size, p the proportion of respondents who know and use the species (p =0.5), $U_{1-\alpha/2} = 1.96$ is the value of the reduced normal variable set for a probability value $\alpha = 0.05$ and d the margin of error set at 0.08. A sample size of 150 people in each zone was determined.

Interview

As indicated in sampling design, surveys were conducted with the factors climate (02 climate zones), ethnicity (08 ethnic groups), gender (02 gender balance: male and female) and age (03 three age classes). Each factor combination was sampled with 5 repetitions, resulting in $2 \times 5 \times 2 \times 3 \times 5 = 300$ respondents interviewed. The three age classes adopted are: people with age ≤ 30 years, $30 < \text{age} < 60$ years and people with age ≥ 60 years (Assogbadjo et al., 2008). All informants were at least 18 years old. They were selected considering their voluntary membership and knowledge of *Senna obtusifolia*.

Socio-demographic characteristics of people (ethnicity, gender and age) are important factors influencing the management and uses of forest resources, including preferences and valorisation (Agúndez et al., 2020; Fiacre et al., 2018; Ouédraogo et al., 2013). The survey technique used was based on semi-structured interviews, using a previously tested semi-structured questionnaire (Alexiades & Sheldon, 1996) to ensure that the questionnaire provided all the information sought.

The main information collected were ethnobotanical knowledge of the species, i.e. drivers of invasiveness, impact of *Senna obtusifolia* on the forage availability, the different uses of the species (use categories of *Senna obtusifolia* and organs used). The interviews were conducted with the help of native interpreters and samples of *Senna obtusifolia* were harvested and brought to study sites and presented to informants during interviews to ensure the presence of the species in each village.

Statistical Analysis

Prior to performing statistical tests between factors, the following parameters were calculated:

- The use value of the species (UV) using the equation proposed by (Phillips et al., 1994): $UV = \sum U_i / n$, where U_i is the number of uses mentioned by an informant i and n the total number of informants;
- Use value per organ and response rate (T) using the equation proposed by (Maregesi et al., 2007):

$$T = 100 * \frac{S}{N}$$

Where S is the number of people who gave a positive response ‘yes’ from the organ concerned, N is the total number of informants. The response rate ranging from 0 to 100, indicates which organs are the most used organs in the study area. For each ecological knowledge cited, Chi-square test was performed to determine the statistical differences between climatic zones and social profile of informants (gender, age and ethnicity). Statistical significance was tested at the 5% level. The Use Value (UV) of *Senna obtusifolia* was analysed via a generalized linear model (GLM) with a Poisson distribution (Zuur et al., 2009) in order to test its variation according to the study site and socio-demographic factors. The separation of average test of Student Newman Keuls (SNK) was performed to test difference between ethnic groups. All analyses were performed using software version 4.1.0 (RCore Team, 2021).

Results

Local perceptions of the invasion of *Senna obtusifolia*

In both climate zones, informants noticed the invasion of *Senna obtusifolia* in many parts of their landscapes. They added that in the last decade, the species was mainly observed in lowlands, but that it is currently also observed at roadsides, rangelands and fallow lands. Informants cited animals and humans as the most drivers of this invasion. A significant difference between the drivers was observed according to the zone. In the Sahelian zone, animals were the most cited factor with a proportion of 59.3% while in the Sudanian zone, it was rather human activities (56%) that favoured the invasion of *Senna obtusifolia* (Table 1). Other factors such as water and wind were the less cited in both zones. In addition, 90% of the informants recognised that the invasion of *Senna obtusifolia* in rangelands negatively affected the forage (Table 1). Despite this situation, 55% of the informants in both climatic zones found the species useful for them (Table 1).

Table 1. Peoples' perception of the drivers, impact and importance of *Senna obtusifolia* invasion

Variables	Sahelian zone		Sudanian zone		Chi-square test statistical
	Absolute frequency	Relative frequency	Absolute frequency	Relative frequency	
Invasion drivers					
Animal	89	59.33	48	32	X ² = 27.227, df = 3, p<0.0001*
Human	42	28	84	56	
Water	17	11.33	14	9.33	
Wind	2	1.33	4	2.66	
Impact on forage					
Negative	140	93.33	132	88	X ² = 1.5102, df = 1 p= 0.2191
Positive	10	6.66	18	12	
Importance of <i>Senna obtusifolia</i>					
Important	102	68	66	44	X ² = 16.572, df = 1, p<0.0001*
Not important	48	32	84	56	

* indicate significant difference

Use categories of *Senna obtusifolia* and organs exploited

A total of 300 informants know and use *Senna obtusifolia*. Eight (08) use categories were identified (table2). Food was the most important (100 %) followed by construction (49 %), handicraft (26.66 %), trade (20 %) and medicine (11.66 %). Leaves were used in food (sauce, couscous) while stems were used in construction (roofing of houses), handicrafts (confection of seccos), woody-

energy, fertilization. Seeds and roots were less used. Seeds were used in both food and medicine but roots were only used as medicine (table 2).

Table 2. Frequency of categories of uses of *Senna obtusifolia*

Use_categories	Proportion %
Food	100
Construction	49
Craft	26,67
Trade	20
Medicine	11,67
Fertilisation	6
Woody_energy	1,33
Cultural	1

The organs most used were leaves (100 %) and stems (50 %) as indicated in Figure 2. Other organs of the species have very low or almost zero proportions, often not being visible on the figure 2.

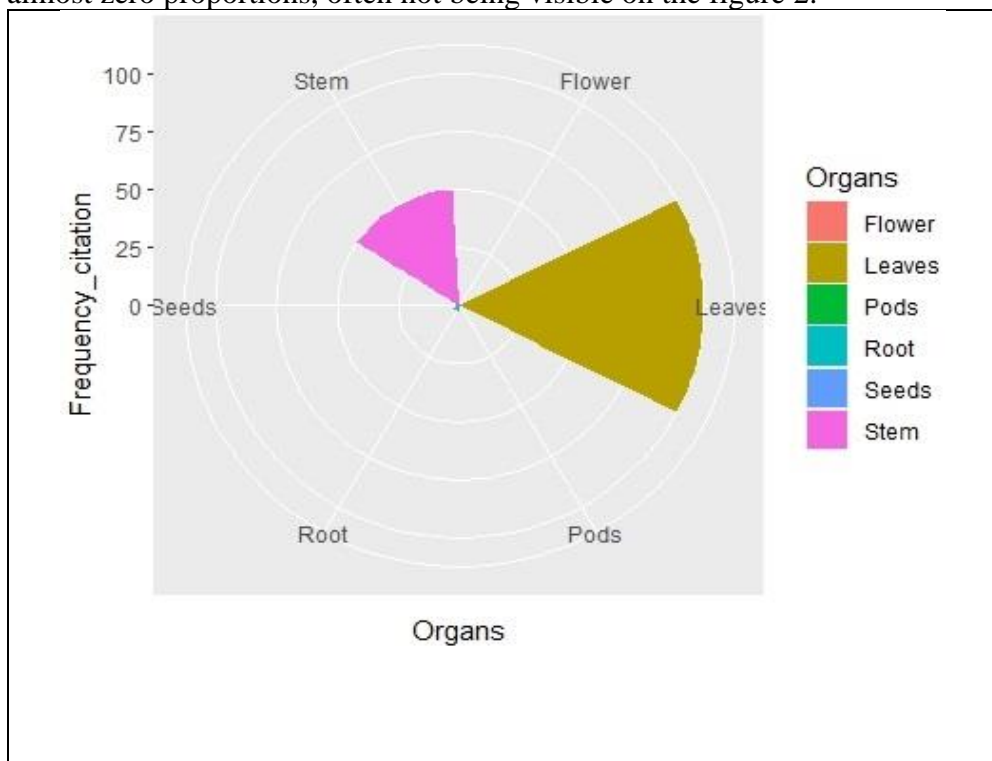


Figure 2. Frequency of citations of the used parts of *Senna obtusifolia*

The use value of *Senna obtusifolia* according to the climatic zones and sociodemographic characteristics

The use value (UV) of *Senna obtusifolia* varied significantly between climatic zones and ethnic groups given that $p < 0.001$ (Table 3). Age and gender had no influence on this ethnobotanical use value.

Table 3. Influences of ecological zone and socio-demographic factors on *Senna obtusifolia* use value

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Intercept	-2.764	0.246	-11.254	< 2e-16 ***
Ecological zone	0.341	0.090	3.794	0.001 ***
Ethnicity	-0.058	0.015	-3.787	0.001 ***
Age	0.004	0.046	0.090	0.928
Gender	0.005	0.075	0.073	0.941

*** indicate significant factors

In the Sahelian zone, the use value of Bela was significantly different from other ethnic groups (Figure3). In fact, Bela represented the one that used the most *Senna obtusifolia*. The Sudanian zone showed no significant difference in the use of *Senna obtusifolia* among the five ethnic groups. Furthermore, considering the two cross-cutting groups, the Fulani and Mossi, there was significant difference in the use of *Senna obtusifolia* among them in the Sahelian zone and Sudanian zone (Figure 3).

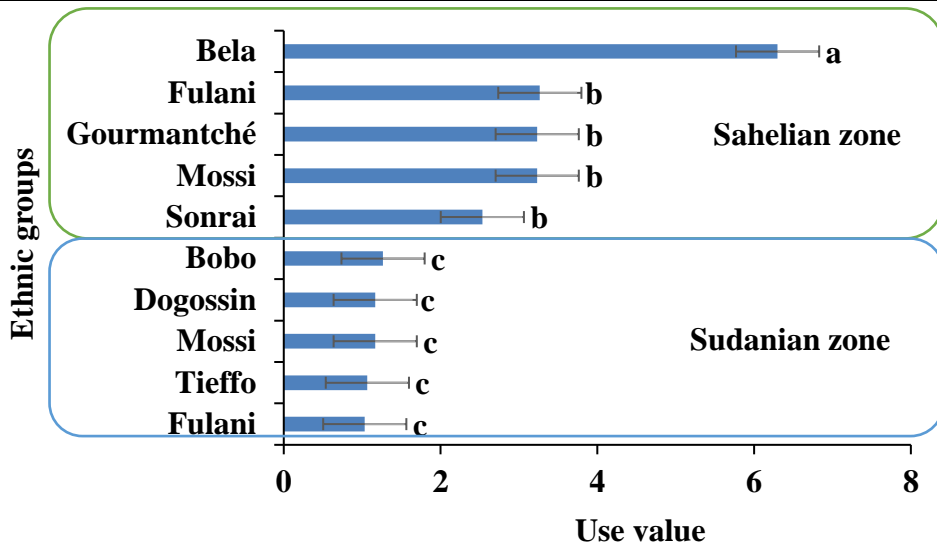


Figure 3. Total use value (UV \pm standard deviation) of *Senna obtusifolia* by ethnic group. The levels non-connected by the same letters are significantly different

Discussion

Local perceptions on the invasion and the impact of *Senna obtusifolia*

According to local people, the rapid invasion of *Senna obtusifolia* in their environment is mainly favoured by livestock and human activities. This proves that these people have a good perception of their environmental resources (Gaoue et al., 2011). The rapid invasion of *Senna obtusifolia* is due to frequent allocation and overgrazing similar to the report by (Gebreyesus, 2017) who found that the proliferation of *Senna obtusifolia* L. is caused by encroachment of extensive and illegal cultivation as well as grazing practices in different forms. In the Sahelian zone, animals (livestock) are the most dominant drivers of *Senna obtusifolia* spread. This is due to overgrazing, as the scarcity of fodder, especially in the dry season, forces cattle to ingest the dry pods of *Senna obtusifolia* and spread its seeds during their movements. Spread of *Senna obtusifolia* is facilitated by livestock (A. Thiombiano et al., 2012). In the Sudanian zone, the spread of *Senna obtusifolia* is mainly human driven. This is due to the fact that many natural habitats have been occupied and transformed into fields and fallow land thus causing the proliferation of *Senna obtusifolia*. According to Burgess et al. (2004) in West African countries, more than 60-80% of natural habitats are

reported to have been transformed into agricultural and habitation areas. Consequently, these transformations have contributed strongly to the establishment and proliferation of invasive species (Pyšek et al., 2010; Vila & Ibáñez, 2011). Humans are among the drivers of biological invasions according to similar finding (Archibald et al., 2020). Furthermore, the majority of informants were unanimous that the invasion of *Senna obtusifolia* has led to the decline of several native and highly palatable species such as, *Alysicarpus ovalifolius* (Schum. & Thonn.) J. Léonard, *Andropogon gayanus* Kunth var., *Brachiaria lata* (Schumach.) C.E. Hubbard, *Pennisetum pedicellatum* Trin. and *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC. Our results corroborate those of (Gebreyesus, 2017; Randell, 1995; Solomon, 2015) who found that *Senna obtusifolia* is an aggressive invader of rangelands and can completely outcompete palatable grass species and eradicate the growth of pasture species. Therefore, rangelands invasion by the species contributed to reduce forage productivity, resulting in the shortage of forage for livestock (Gebreyesus, 2017). This situation is deplored by the people. Apart from that, many of them found *Senna obtusifolia* very useful.

The utilization of *Senna obtusifolia* depends on climatic zones

In this study, the utilization of *Senna obtusifolia* differs from one zone to another. In the Sudanian zone, the leaves are the most used organ of the species. They are used in food and consumed as vegetables (Nacambo et al., 2021). People highly appreciate leaves of *Senna obtusifolia* (Abakar et al., 2019) because they are rich in vitamins and protein that can improve the nutritional quality of food (Dansie et al., 2008; Nacambo et al., 2021) and allow people to vary their diet and fight hunger during the lean season (Batawila et al., 2005; Millogo, 2001). The lack of knowledge about the use of other parts of *Senna obtusifolia* could be explained by the choice made by the people in the use of plants to satisfy their needs. This choice could be based on the availability and diversity of plant resources in this area. (Cotton, 1996; Schmidt et al., 2005) made the same observations where they found that high floristic diversity leads to species use preferences among people.

In contrast, in the Sahelian zone, leaves of *Senna obtusifolia* are used as well as other parts of the species. Hence, dry stems are used in the making of seccos, hut roofs, granaries. They are also used as fertilizer in the fields or as firewood or skewer wood (Gannouka, 2021; Nacambo et al., 2021). Roots and seeds of *Senna obtusifolia* are often used as food and medicine. That means *Senna obtusifolia* is

increasingly "accepted" by people. Indeed, it has been shown that when a species starts to become invasive in an area, firstly, the species can be perceived negatively if it colonizes crops (Souley et al., 2020). Secondly, people can gradually appropriate the plant and test different uses until they find a use for it, the perception then becomes less negative (Holmes et al., 2009). The use of the different parts of *Senna obtusifolia* could be explained by the low availability of plant resources due to the degradation of environmental conditions and the aridity of the climate in this area. This result is in accordance with (Ayantunde et al., 2020; Masson-Delmotte et al., 2018) who showed that sahelian zone is characterised by a high sensitivity to climate variability, vulnerability to drought and a decline in plant resources. This scarcity of resources forced people to develop adaptation strategies such as the use of invasive species to replace those that have disappeared. Specifically, local people developed many traditional uses of *Senna obtusifolia* as adaptation strategy to the negative effect of its invasion in rangelands (Ouedraogo et al., 2021). A similar case was found with *Sida cordifolia*, an invasive species in Niger that has gradually replaced certain herbaceous plants, notably *Andropogon gayanus* and *Eragrostis tremula*, in the making of seccos, hut roofs and granaries (Souley et al., 2020).

The utilization of *Senna obtusifolia* depends on ethnic group

The utilization of *Senna obtusifolia* differs from one ethnic group to another. In the Sudanian zone, the Bobo, Dogossin and Tieffo use leaves of *Senna obtusifolia* for food (sauce). Indeed according to informants, Bobo learnt how to use leaves of *Senna obtusifolia* from their parents. In contrast, Dogossin and Tieffo learned to prepare the sauce with the leaves of *Senna obtusifolia* from the Bobo ethnic group. The use of this species is transmitted through cultural mixing (Adjatin, 2006; Batawila et al., 2005). Hence, the name of the sauce made from the leaves of *Senna obtusifolia* is attributed to the Bobo and called "Bobo's sauce" in Sideradougou.

The Mossi and Fulani of the Sudanian zone also use leaves of *Senna obtusifolia* in food. The Fulani use it to prepare sauce. The Mossi use the leaves of the species either to prepare sauce, or couscous made from a mixture of maize or millet with the leaves of *Senna obtusifolia*, or youngou made from the boiled and pressed leaves of *Senna obtusifolia* seasoned with oil and salt. However, in the Sahelian zone, the Bela, Mossi, Fulani, Gourmantché and Sonrai also use the leaves of *Senna obtusifolia* in food (sauce, couscous,

youngou). Moreover, knowledge of the utilization of *Senna obtusifolia* varied greatly between ethnic groups. Bela use leaves and also roots to treat stomach-ache, urinary tract infections. This finding is in line with previous studies (Doughari et al., 2008) who found that the leaves are used locally as a remedy for stomach-ache, urinary tract infections, dysentery, diarrhea, fever, cough. Bela also use dried stems to make seccos, fire, hut roofs and granaries. In addition, Bela, Mossi, Fulani, Sonrai, Gourmantché learnt the use of *Senna obtusifolia* from their respective parents. This confirms that knowledge is transmitted across generations (Alfa et al., 2018; Goudégnon et al., 2018). Bela claims that seccos made from the dry stems of *Senna obtusifolia* are more resistant than those made from the stems of *Andropogon gayanus*. The ethnic groups, Sonrai and Gourmantché, use dried stems to make seccos, hut roofs. Gourmantché use also the species in its dry state as a fertilizer in their fields. Mossi and Fulani use the dried stems of *Senna obtusifolia* to make seccos, hut, granaries again. As well as others plants species use in traditional medicine to treat various diseases (Alejandro et al., 2014; Lassa et al., 2021; Yaovi-Gameli et al., 2018), *S. obtusifolia* is also used to treat a number of diseases. Thus, Mossi also use leaves and roots to treat stomach aches, dysentery and diarrhea. This is in agreement with the findings of (Nacambo et al., 2021) who reported that many parts of *Senna obtusifolia* are used in the treatment of certain diseases. In this regard, apart from leaves and stems, Mossi also use seeds as substitute for coffee in consistence with previous findings (Doughari et al., 2008) showing that seeds of *Senna obtusifolia* are often roasted, boiled in water to produce tea or coffee.

These results corroborate other ethnobotanical findings in West Africa that showed the influence of ethnicity (Ekué et al., 2010; Koura et al., 2011) and the zone on plant uses. Within ethnic groups, socio-demographic characteristics such as age, gender have no influence on the utilization of *Senna obtusifolia*. This might be because the impact are perceived from a community scale perspective rather than the individual level.

Conclusion

This study obtained information on knowledge and use of *Senna obtusifolia* as an invasive species. In fact, people have responded to the invasion of *Senna obtusifolia* both as a victim and a beneficiary and consider acceptance of *Senna obtusifolia* as an inevitable outcome as part of the rural ecosystem. The species is most used in the Sahelian zone with regard to the scarcity of plant resources. Accordingly, all informants know and use *Senna*

obtusifolia in replacement of species that had disappeared. The utilization of the species contribute to make people more resilient. However, in face of local people strong dependence on natural resources, the use of certain invasive species become a form of species control that appears to be more effective than other types of often costly and time-consuming control. These findings could help stakeholders to guide policy formulation and to better valorise the invasive species such as *Senna obtusifolia*.

Abbreviation list: EUV: Ethnobotanical Use Value; GLM: Generalized Linear Model

Ethics approbation and participation consent: Each informant was informed in detail about the objectives of the study and how the data would be used. Each informant agreed verbally to participate in the study under an anonymity clause.

Data and material availability: In this study, data treated are available for eventual request by the journal. All of the data supporting this study may be made available upon request to the first author of the study.

Funding: This study was funded by the Volkswagen Foundation under the Grant 92861 awarded to Pr Oumarou Ouédraogo for the program “Livelihood, Management, Reforms and Processes of Structural Change”.

Interest conflict: The authors declare no conflict of interest.

Authors’ contributions: AZ carried out the field work. AZ and ICET performed the statistical analysis, and drafted the manuscript. OO designed the research project, gave the practical advices, read and improved the drafted manuscript. BSH contributed in statistical analysis. LB and OO supervised the work and improved the manuscript. All the authors read, revised and approved the final manuscript.

Acknowledgements: We are grateful to Volkswagen Foundation for their support. We also thank the Commune of Dori, Regional Direction of the environment and Regional Direction of animal husbandry of the Sahel for allowing us to get in touch with rural peoples during the survey. We also thank Mr DIALLO and interpreters for their technical assistance and for introducing us in different villages.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

Permission to carry out the study was verbally obtained from local leaders and prior to individual interview. The objectives of the study were presented to each informant and only persons who freely consented to participate in the study were considered.

Consent for publication

Not applicable.

Author details

Laboratory of Plant Biology and Ecology, Université Joseph Ki-Zerbo,
03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

References:

1. Abakar, I., Tankoano, A., & Aly, S. (2019). Traditional Technologies and Probiotic Properties of Bacillus Strains Isolated from Kawal -A Chad Traditional Fermented Food Condiment. *Journal of Food Technology Research*, 6(2), 57-71. <https://doi.org/10.18488/journal.58.2019.62.57.71>
2. Adjatin, A. (2006). Contribution à l'étude de la diversité des légumes-feuilles traditionnels consommés dans le département de l'Atacora au Togo. *Mémoire de DEA, Université de Lomé*.
3. Agúndez, D., Nouhoheflin, T., Coulibaly, O., Soliño, M., & Alía, R. (2020). Local Preferences for Shea Nut and Butter Production in Northern Benin: Preliminary Results. *Forests*, 11(1), 13. <https://doi.org/10.3390/f11010013>
4. Alejandro, M. A. M., Mendoza, M. S., & Rodríguez, M. I. M. (2014). Use of medicinal plants by the villagers of tapotzingo, nacajuca, tabasco, mexico. *European Scientific Journal*.
5. Alexiades, M. N., & Sheldon, J. W. (1996). *Selected guidelines for ethnobotanical research : A field manual*.
6. Alfa, T., Anani, K., Adjrah, Y., Batawila, K., & Ameyapoh, Y. (2018). Ethnobotanical survey of medicinal plants used against fungal infections in prefecture of sotouboua central region, Togo. *European Scientific Journal, ESJ*, 14(3), 342.
7. Archibald, J. L., Anderson, C. B., Dicenta, M., Roulier, C., Slutz, K., & Nielsen, E. A. (2020). The relevance of social imaginaries to understand and manage biological invasions in southern Patagonia. *Biological Invasions*, 22(11), 3307-3323.
8. Assogbadjo, A. E., Kakai, R. G., Chadare, F. J., Thomson, L., Kyndt, T., Sinsin, B., & Van Damme, P. (2008). Folk classification, perception, and preferences of baobab products in West Africa : Consequences for species conservation and improvement. *Economic botany*, 62(1), 74-84.
9. Ayantunde, A. A., Oluwatosin, B. O., Yameogo, V., & van Wijk, M. (2020). Perceived benefits, constraints and determinants of sustainable intensification of mixed crop and livestock systems in the Sahelian zone of Burkina Faso. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 18(1), 84-98.
10. Bailey, R. L., Faulkner-Grant, H. A., Martin, V. Y., Phillips, T. B., & Bonter, D. N. (2020). Nest usurpation by non-native birds and the role

- of people in nest box management. *Conservation Science and Practice*, 2(5), e185.
11. Batawila, K., Akpavi, S., Wala, K., & Kanda, M. (2005). Diversité et gestion des légumes de cueillette au Togo. *Developing African leafy vegetables for improved nutrition*, 55-68.
 12. Ben Hassine, M., Boussadia, O., Bchir, A., Moula, I., El Hafi, M., & Braham, M. (2017). Ecophysiological Responses of Two Olive Tree Cultivars (*Olea europaea* L. CV Koroneiki and Chemlali) Under Three Water Treatments. *European Scientific Journal, ESJ*. 10.19044/esj.2016.v13n3p327
 13. Briske, D. D. (2017). *Rangeland systems : Processes, management and challenges*. Springer Nature.
 14. Burgess, N., Hales, J., Underwood, E., Dinerstein, E., Olson, D., Itoua, I., Schipper, J., Ricketts, T., & Newman, K. (2004). *Terrestrial ecoregions of Africa and Madagascar : A conservation assessment*. Island Press.
 15. Carey, M. P., Sanderson, B. L., Barnas, K. A., & Olden, J. D. (2012). Native invaders—challenges for science, management, policy, and society. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(7), 373-381.
 16. Charahabil, M. M., & Akpo, L. E. (2018). *Le goyavier rouge : Psidium cattleyanum var. coriaceum (Mart. ex O. Berg) Kiaersk. une espèce envahissante, à usage multiple en Grande-Comore*. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n9p436>
 17. Cotton, C. M. (1996). *Ethnobotany : Principles and applications*. John Wiley & Sons.
 18. Dagnelie, P. (1998). Statistique théorique et appliquée (Tome 2). *De Boeck & Larcier, Paris–Bruxelles*.
 19. Dansi, A., Adjatin, A., Adoukonou-Sagbadja, H., Faladé, V., Yedomonhan, H., Odou, D., & Dossou, B. (2008). Traditional leafy vegetables and their use in the Benin Republic. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55(8), 1239-1256. <https://doi.org/10.1007/s10722-008-9324-z>
 20. Davis, M. A. (2011). *Researching invasive species 50 years after Elton : A cautionary tale. Chapter 20//Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton/Eds. DM Richardson*. Blackwell Publishing Ltd.
 21. DGEAP, (Direction Générale des Espaces et Amenagements Pastoraux). (2011). *Atelier national de réflexion sur les zones pastorales au Burkina Faso* (p. 35).
 22. Doughari, J. H., El-Mahmood, A. M., & Tyoyina, I. (2008). Antimicrobial activity of leaf extracts of *Senna obtusifolia* (L). *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2(1), 7-13.

23. Early, R., Bradley, B. A., Dukes, J. S., Lawler, J. J., Olden, J. D., Blumenthal, D. M., Gonzalez, P., Grosholz, E. D., Ibañez, I., & Miller, L. P. (2016). Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *Nature communications*, 7(1), 1-9.
24. Ekué, M. R., Sinsin, B., Eyog-Matig, O., & Finkeldey, R. (2010). Uses, traditional management, perception of variation and preferences in ackee (*Blighia sapida* KD Koenig) fruit traits in Benin : Implications for domestication and conservation. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 6(1), 1-14.
25. Fiacre, Z., Hubert, A. S., Léonard, A., Raymond, V., & Corneille, A. (2018). Quantitative Analysis, Distribution and Traditional Management of Pigeon Pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] Landraces' Diversity in Southern Benin. *Eur. Sci. J*, 14(9), 184.
26. Gannouka, N. (2021). *Etude des potentialités des plantes de services pour améliorer les rendements du sorgho (Sorghum bicolor L.)*. Université Joseph Ki-Zerbo.
27. Gaoue, O. G., Sack, L., & Ticktin, T. (2011). Human impacts on leaf economics in heterogeneous landscapes : The effect of harvesting non-timber forest products from African mahogany across habitats and climates. *Journal of Applied Ecology*, 48(4), 844-852.
28. García-Llorente, M., Martín-López, B., González, J. A., Alcorlo, P., & Montes, C. (2008). Social perceptions of the impacts and benefits of invasive alien species : Implications for management. *Biological Conservation*, 141(12), 2969-2983.
29. Gebrekiros, M. G., & Tessema, Z. K. (2018). Effect of *Senna obtusifolia* (L.) invasion on herbaceous vegetation and soil properties of rangelands in the western Tigray, northern Ethiopia. *Ecological Processes*, 7(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s13717-018-0121-0>
30. Gebreyesus, G. M. (2017). Livestock herders perception on the causes and effects of *Senna obtusifolia* L. invasion in rangelands of Northern Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 12(42), 3081-3087.
31. Gibson, M. R., Richardson, D. M., Marchante, E., Marchante, H., Rodger, J. G., Stone, G. N., Byrne, M., Fuentes-Ramírez, A., George, N., & Harris, C. (2011). Reproductive biology of Australian acacias : Important mediator of invasiveness? *Diversity and Distributions*, 17(5), 911-933.
32. Goudégnon, E. O. A., Vodouhe, F. G., Gouwakinnou, G. N., Salako, V. K., & Oumorou, M. (2018). *Différence entre les générations et groupes ethniques des connaissances traditionnelles et de l'importance culturelle de Lannea microcarpa Engl. & K. Krause en*

- savane soudanaïenne au Bénin | Bois & Forêts des Tropiques.*
<https://doi.org/10.19182/bft2017.334.a31491>
33. Hamilton, A., Shengji, P., Kessy, J., Khan, A. A., Lagos-Witte, S., & Shinwari, Z. K. (2003). *The purposes and teaching of applied ethnobotany* (Vol. 11). Citeseer.
 34. Hien, B. S., Bondé, L., Da, S. S., Bognounou, F., Boussim, I. J., & Ouédraogo, O. (2021). Assessing human pressure on wild food and forage tree species for designing effective conservation actions in West Africa Sahel region. *Ethnobotany Research and Applications*, 21, 1-11.
<https://ethnobotanyjournal.org/era/index.php/era/article/view/2627>
 35. Hiernaux, P., Dardel, C., Kergoat, L., & Mougin, E. (2016). Desertification, adaptation and resilience in the Sahel : Lessons from long term monitoring of agro-ecosystems. In *The end of desertification?* (p. 147-178). Springer.
 36. Holmes, T. P., Aukema, J. E., Von Holle, B., Liebhold, A., & Sills, E. (2009). Economic impacts of invasive species in forest past, present, and future. In: *The Year In Ecology and Conservation Biology, 2009.* *Ann. NY Acad. Sci.* 1162: 18-38., 1162, 18-38.
<https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04446.x>
 37. Inkoto, C. L., Nicole, L., Ashande, C. M., Masens, Y. D.-M., & Mpiana, P. T. (2019). Étude ethnobotanique et floristique de quelques plantes médicinales commercialisées à Kinshasa, République Démocratique du Congo. *Revue Marocaine Des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 7(1).
 38. Kiema, A., Sawadogo, I., Ouedraogo, T., & Nianogo, A. J. (2012). Stratégies d'exploitation du fourrage par les éleveurs de la zone sahélienne du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(4), 1492-1505.
<https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i4.8>
 39. Kiema, A., Tontibomma, G., & Zampaligré, N. (2014). Transhumance et gestion des ressources naturelles au Sahel: Contraintes et perspectives face aux mutations des systèmes de productions pastorales. *VertigO: la revue électronique en sciences de l'environnement*, 14(3).
 40. Koura, K., Ganglo, J. C., Assogbadjo, A. E., & Agbangla, C. (2011). Ethnic differences in use values and use patterns of *Parkia biglobosa* in Northern Benin. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 7(1), 1-12.
 41. Krebs, C., Gerber, E., Matthies, D., & Schaffner, U. (2011). Herbivore resistance of invasive *Fallopia* species and their hybrids. *Oecologia*, 167(4), 1041-1052.

42. Kueffer, C. (2017). Plant invasions in the Anthropocene. *Science*, 358(6364), 724-725. <https://doi.org/10.1111/ddi.12680>
43. Kumar, M., Padalia, H., Nandy, S., Singh, H., Khaiteer, P., & Kalra, N. (2020). Does spatial heterogeneity of landscape explain the process of plant invasion? A case study of *Hyptis suaveolens* from Indian Western Himalaya. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(3), 794. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7682-y>
44. Lassa, L. K., Ilumbe, G. B., Biloso, A. M., Masens, D. M. Y., Habari, J. P. M., & Lukoki, F. L. (2021). Ethnobotanical Study of Some Medicinal Species Used in Kimvula City (Kongo Central/RDC). *European Scientific Journal, ESJ*.
45. Legese, B., & Balew, A. (2021). Land-use and land-cover change in the lowlands of Bale Zone, Ethiopia : Its driving factors and impacts of rangeland dynamics in livestock mobility. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(7), 1-17.
46. Leßmeister, A., Bernhardt-Römermann, M., Schumann, K., Thiombiano, A., Wittig, R., & Hahn, K. (2019). Vegetation changes over the past two decades in a West African savanna ecosystem. *Applied Vegetation Science*, 22(2), 230-242. <https://doi.org/10.1111/avsc.12428>
47. Linders, T. E., Bekele, K., Schaffner, U., Allan, E., Allamirew, T., Choge, S. K., Eckert, S., Haji, J., Muturi, G., Mbaabu, P. R., Shiferaw, H., & Eschen, R. (2019). *The impact of invasive species on social-ecological systems_ Relating supply and use of selected provisioning ecosystem services | Elsevier Enhanced Reader*. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.101055>
48. Maregesi, S. M., Ngassapa, O. D., Pieters, L., & Vlietinck, A. J. (2007). Ethnopharmacological survey of the Bunda district, Tanzania : Plants used to treat infectious diseases. *Journal of ethnopharmacology*, 113(3), 457-470.
49. Masengo, C., Bongo, G., Robijaona, B., Ilumbe, G., Koto, J.-P. N., & Mpiana, P. (2021). Etude ethnobotanique quantitative et valeur socioculturelle de *Lippia multiflora* Moldenke (Verbenaceae) à Kinshasa, République Démocratique du Congo. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 9(1).
50. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., & Pidcock, R. (2018). Global warming of 1.5 C. *An IPCC Special Report on the impacts of global warming of, 1(5)*.
51. Millogo, R. J. (2001). *L'Homme, le climat et les ressources alimentaires végétales en périodes de crise de subsistance au cours du 20e siècle au Burkina Faso*. Université de Ouagadougou.

52. Nacambo, H., Nanema, K. R., Kiebre, M., Taore, R. E., Sawadogo, N., Ouedraogo, M. H., Tiama, D., Bougma, L. A., & Sombie, P. A. E. D. (2021). Nomenclature locale et usages de *Senna obtusifolia* (L.) au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 160, 16438-16453. <https://doi.org/10.35759/JABs.160.1>
53. Odadi, W. O., Fargione, J., & Rubenstein, D. I. (2017). Vegetation, wildlife, and livestock responses to planned grazing management in an African pastoral landscape. *Land Degradation & Development*, 28(7), 2030-2038.
54. Ouédraogo, A., Lykke, A. M., Lankoandé, B., & Korbéogo, G. (2013). Potentials for Promoting Oil Products Identified from Traditional Knowledge of Native Trees in Burkina Faso. *Ethnobotany Research and Applications*, 11, 071-083. <https://doi.org/org/vol11/i1547-3465-11-071.pdf>
55. Ouedraogo, K., Zare, A., Ouedraogo, O., & Anja, L. (2021). Resilience strategies of West Africa pastoralists in reponse to scarce forage resources. *Pastoralism*.
56. Phillips, O., Gentry, A. H., Reynel, C., Wilkin, P., & Gálvez-Durand B, C. (1994). Quantitative ethnobotany and Amazonian conservation. *Conservation biology*, 8(1), 225-248.
57. Pyšek, P., Hulme, P. E., Simberloff, D., Bacher, S., Blackburn, T. M., Carlton, J. T., Dawson, W., Essl, F., Foxcroft, L. C., & Genovesi, P. (2020). Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews*, 95(6), 1511-1534.
58. Pyšek, P., Jarošík, V., Hulme, P. E., Kühn, I., Wild, J., Arianoutsou, M., Bacher, S., Chiron, F., Didžiulis, V., & Essl, F. (2010). Disentangling the role of environmental and human pressures on biological invasions across Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(27), 12157-12162. <https://doi.org/www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1002314107>
59. Randell, B. R. (1995). *Taxonomy and evolution of senna obtusifolia and s. Tora*. 4.
60. RCore Team. (2021). *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.
61. Schmidt, M., Kreft, H., Thiombiano, A., & Zizka, G. (2005). Herbarium collections and field data-based plant diversity maps for Burkina Faso. *Diversity and Distributions*, 11(6), 509-516.
62. Shackleton, R. T., Richardson, D. M., Shackleton, C. M., Bennett, B., Crowley, S. L., Dehnen-Schmutz, K., Estévez, R. A., Fischer, A., Kueffer, C., & Kull, C. A. (2019). Explaining people's perceptions of invasive alien species: A conceptual framework. *Journal of Environmental Management*, 229, 10-26.

63. Shackleton, S. E., & Shackleton, R. T. (2018). Local knowledge regarding ecosystem services and disservices from invasive alien plants in the arid Kalahari, South Africa. *Journal of arid environments*, 159, 22-33.
64. Sieza, Y., Gomgnimbou, A. P., Serme, I., & Belem, A. (2019). Etude de la variabilité climatique sur la dynamique d'occupation et d'utilisation des terres à des fins agro-pastorales dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(4), 1980-1994.
65. Solomon, G. (2015). Community perception on rangeland degradation : A case study in two differently settled areas of northern Ethiopia. *Journal of Agricultural Research and Development*, 5(1), 101-107.
66. Sop, T. K., Oldeland, J., Bognounou, F., Schmiedel, U., & Thiombiano, A. (2012). Ethnobotanical knowledge and valuation of woody plants species : A comparative analysis of three ethnic groups from the sub-Sahel of Burkina Faso. *Environment, Development and Sustainability*, 14(5), 627-649. <https://doi.org/10.1007/s10668-012-9345-9>
67. Souley, M. S., Kiari, S. A., Morou, B., Synnevag, G., & Aune, J. B. (2020). *Perception paysanne du sida cordifolia et facteurs socioeconomiques influençant l'adoption de son compost à l'ouest et au centre du Niger*.
68. SP/CONEDD, S. P. du C. N. pour l'Environnement et le D. D. (2014). *Cinquième rapport national du Burkina Faso sur la diversité biologique* (p. 104).
69. Thévenot, J. (2013). *Synthèse et réflexions sur des définitions relatives aux invasions biologiques*. (SPN 2013/15; p. 32).
70. Thiombiano, A., Schmidt, M., Dressler, S., Ouédraogo, A., & Hahn-Hadjali, K. (2012). Catalogue des plantes vasculaires du Burkina Faso. *Boissiera: mémoires des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève*, 65, 1-391. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4170248>
71. Thiombiano, N., Ouédraogo, R. L., Belem, M., & Guinko, S. (2009). Dynamique de l'évolution et impact d'une plante envahissante au Burkina Faso : *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. *Ann. Univ. Lomé (Togo), série Sciences*, 18, 97-115.
72. Traoré, S., Thiombiano, L., Bationo, B. A., Kögel-Knabner, I., & Wiesmeier, M. (2020). Organic carbon fractional distribution and saturation in tropical soils of West African savannas with contrasting mineral composition. *Catena*, 190, 104550.

73. Vilà, M., Basnou, C., Pyšek, P., Josefsson, M., Genovesi, P., Gollasch, S., Nentwig, W., Olenin, S., Roques, A., & Roy, D. (2010). How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European, cross-taxa assessment. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(3), 135-144. <https://doi.org/10.1890/080083>
74. Vila, M., & Ibáñez, I. (2011). Plant invasions in the landscape. *Landscape ecology*, 26(4), 461-472.
75. Wagh, V. V., & Jain, A. K. (2018). Status of ethnobotanical invasive plants in western Madhya Pradesh, India. *South African Journal of Botany*, 114, 171-180. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.11.008>
76. Walsh, J. R., Carpenter, S. R., & Vander Zanden, M. J. (2016). Invasive species triggers a massive loss of ecosystem services through a trophic cascade. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(15), 4081-4085.
77. Yaovi-Gameli, A., Koffi, K., Komlavi, E., Amegnona, A., Koffi, T., & Messanvi, G. (2018). An Ethnobotanical Survey of Medicinal Plants used in the Preparation of “Atikédi”: Local Alcoholic Beverages Commonly Consumed in Lomé Togo. *European Scientific Journal, ESJ*, 14(3). <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n3p342>
78. Zizka, A., Thiombiano, A., Dressler, S., Nacoulma, B. M., Ouédraogo, A., Ouédraogo, I., Ouédraogo, O., Zizka, G., Hahn, K., & Schmidt, M. (2015). *Traditional plant use in Burkina Faso (West Africa): A national-scale analysis with focus on traditional medicine | SpringerLink*. <https://link.springer.com/article/10.1186/1746-4269-11-9>
79. Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A., & Smith, G. M. (2009). Zero-truncated and zero-inflated models for count data. In *Mixed effects models and extensions in ecology with R* (p. 261-293). Springer.