

European Scientific Journal, *ESJ*

October 2024

European Scientific Institute, ESI

The content is peer reviewed

ESJ Natural/Life/Medical Sciences

October 2024 edition vol. 20, 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,
University of Debrecen, Hungary

Dragica Vujadinovic,
University of Belgrade, Serbia

Pawel Rozga,
Technical University of Lodz, Poland

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

Rashmirekha Sahoo,
Melaka-Manipal Medical College, Malaysia

Georgios Vousinas,
University of Athens, Greece

Asif Jamil,
Gomal University DIKhan, KPK, Pakistan

Faranak Seyyedi,
Azad University of Arak, Iran

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

Dejan Marolov,
European Scientific Institute, ESI

Noor Alam,
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Rashad A. Al-Jawfi,
Ibb University, Yemen

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

Hans W. Giessen,
Saarland University, Saarbrücken, Germany

Frank Bezzina,
University of Malta, Malta

Monika Bolek,
University of Lodz, Poland

Robert N. Diotalevi,
Florida Gulf Coast University, USA

Daiva Jureviciene,
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

Anita Lidaka,
Liepaja University, Latvia

Rania Zayed,
Cairo University, Egypt

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

Lydia Ferrara,
University of Naples, Italy

Byron A Brown,
Botswana Accountancy College, Botswana

Grazia Angeloni,
University "G. d'Annunzio" in Chieti, Italy

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

Cinaria Tarik Albadri,
Trinity College Dublin University, Ireland

Mahammad A. Nurmamedov,
Shamakhy Astrophysical Observatory of the Ministry of Science and Education of the
Republic of Azerbaijan

Henryk J. Barton,
Jagiellonian University, Poland

Saltanat Meiramova,
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

Rajasekhar Kali Venkata,
University of Hyderabad, India

Ruzica Loncaric,
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

Stefan Vladutescu,
University of Craiova, Romania

Billy Adamsen,
University of Southern Denmark, Denmark

Marinella 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 Olavegogeoascoechea,
National University of Comahue, Argentina

Raul Rocha Romero,
Autonomous National University of Mexico, Mexico

Driss Bouyahya,
University Moulay Ismail, Morocco

William P. Fox,
Naval Postgraduate School, USA

Rania Mohamed Hassan,
University of Montreal, Canada

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

Tilahun Achaw Messaria,
Addis Ababa University, Ethiopia

George Chiladze,
University of Georgia, Georgia

Elisa Rancati,
University of Milano-Bicocca, Italy

Alessandro Merendino,
University of Ferrara, Italy

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

Anastassios Gentzoglanis,
University of Sherbrooke, Canada

Awoniyi Samuel Adebayo,
Solusi University, Zimbabwe

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

Berenyi Laszlo,
University of Miskolc, Hungary

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

Omar Arturo Dominguez Ramirez,
Hidalgo State University, Mexico

Bupinder Zutshi,
Jawaharlal Nehru University, India

Pavel Krpalek,
University of Economics in Prague, Czech Republic

Mondira Dutta,
Jawaharlal Nehru University, India

Evelio Velis,
Barry University, USA

Mahbubul Haque,
Daffodil International University, Bangladesh

Diego Enrique Baez Zarabanda,
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

Juan Antonio Lopez Nunez,
University of Granada, Spain

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

A. Zahoor Khan,
International Islamic University Islamabad, Pakistan

Valentina Manoiu,
University of Bucharest, Romania

Andrzej Palinski,
AGH University of Science and Technology, Poland

Jose Carlos Teixeira,
University of British Columbia Okanagan, Canada

Martin Gomez-Ullate,
University of Extremadura, Spain

Nicholas Samaras,
Technological Educational Institute of Larissa, Greece

Emrah Cengiz,
Istanbul University, Turkey

Francisco Raso Sanchez,
University of Granada, Spain

Simone T. Hashiguti,
Federal University of Uberlandia, Brazil

Tayeb Boutbouqalt,
University, Abdelmalek Essaadi, Morocco

Maurizio Di Paolo Emilio,
University of L'Aquila, Italy

Ismail Ipek,
Istanbul Aydin University, Turkey

Olena Kovalchuk,
National Technical University of Ukraine, Ukraine

Oscar Garcia Gaitero,
University of La Rioja, Spain

Alfonso Conde,
University of Granada, Spain

Jose Antonio Pineda-Alfonso,
University of Sevilla, Spain

Jingshun Zhang,
Florida Gulf Coast University, USA

Olena Ivanova,
Kharkiv National University, Ukraine

Marco Mele,
Unint University, Italy

Okyay Ucan,
Omer Halisdemir University, Turkey

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

Matti Raudjarv,
University of Tartu, Estonia

Cosimo Magazzino,
Roma Tre University, Italy

Susana Sousa Machado,
Polytechnic Institute of Porto, Portugal

Jelena Zascerinska,
University of Latvia, Latvia

Umman Tugba Simsek Gursoy,
Istanbul University, Turkey

Zoltan Veres,
University of Pannonia, Hungary

Vera Komarova,
Daugavpils University, Latvia

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

Pierluigi Passaro,
University of Bari Aldo Moro, Italy

Georges Kpazai,
Laurentian University, Canada

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

Michele Russo,
University of Catanzaro, Italy

Nikolett Deutsch,
Corvinus University of Budapest, Hungary

Andrea Baranovska,
University of st. Cyrill and Methodius Trnava, Slovakia

Brian Sloboda,
University of Maryland, USA

Natalia Sizochenko
Dartmouth College, USA

Marisa Cecilia Tumino,
Adventista del Plata University, Argentina

Luca Scaini,
Al Akhawayn University, Morocco

Aelita Skarbaliene,
Klaipeda University, Lithuania

Oxana Bayer,
Dnipropetrovsk Oles Honchar University, Ukraine

Onyeka Uche Ofili,
International School of Management, France

Aurela Saliq,
University of Vlora, Albania

Maria Garbelli,
Milano Bicocca University, Italy

Josephus van der Maesen,
Wageningen University, Netherlands

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

Francisco Gonzalez Garcia,
University of Granada, Spain

Mahgoub El-Tigani Mahmoud,
Tennessee State University, USA

Daniel Federico Morla,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Valeria Autran,
National University of Rio Cuarto, Argentina

Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,
Universiti Sains, Malaysia

Angelo Viglianisi Ferraro,
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

Roberto Di Maria,
University of Palermo, Italy

Delia Magherescu,
State University of Moldova, Moldova

Paul Waithaka Mahinge,
Kenyatta University, Kenya

Aicha El Alaoui,
Sultan My Slimane University, Morocco

Marija 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 Katsarska,
Air Force Academy, Bulgaria

Carmen Maria Zavala Arnal,
University of Zaragoza, Spain

Francisco Gavi Reyes,
Postgraduate College, Mexico

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

Patricia Randrianavony,
University of Antananarivo, Madagascar

Roque V. Mendez,
Texas State University, USA

Kesbi Abdelaziz,
University Hassan II Mohammedia, Morocco

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

Ilknur Bayram,
Ankara University, Turkey

Elenica Pjero,
University Ismail Qemali, Albania

Gokhan Ozer,
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Turkey

Veronica Flores Sanchez,
Technological University of Veracruz, Mexico

Camille Habib,
Lebanese University, Lebanon

Larisa Topka,
Irkutsk State University, Russia

Paul M. Lipowski,
Holy Family University, USA

Marie Line Karam,
Lebanese University, Lebanon

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

Mohamed Berradi,
Ibn Tofail University, Morocco

Visnja Lachner,
Josip J. Strossmayer University, Croatia

Sangne Yao Charles,
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

Omar Boubker,
University Ibn Zohr, Morocco

Kouame Atta,
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

Patience Mpanzu,
University of Kinshasa, Congo

Devang Upadhyay,
University of North Carolina at Pembroke, USA

Nyamador Wolali Seth,
University of Lome, Togo

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,
Universite d'Abomey-Calavi, Benin

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

Rene Mesias Villacres Borja,
Universidad Estatal De Bolivar, Ecuador

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

Qamil Dika,
Tirana Medical University, Albania

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

Hariti Hakim,
University Alger 3, Algeria

Emel Ceyhun Sabir,
University of Cukurova, Turkey

Salomon Barrezueta Unda,
Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

Belkis Zervent Unal,
Cukurova University, Turkey

Elena Krupa,
Kazakh Agency of Applied Ecology, Kazakhstan

Carlos Angel Mendez Peon,
Universidad de Sonora, Mexico

Antonio Solis Lima,
Apizaco Institute Technological, Mexico

Roxana Matefi,
Transilvania University of Brasov, Romania

Bouharati Saddek,
UFAS Setif1 University, Algeria

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

Serigne Modou Sarr,
Universite Alioune DIOP de Bambey, Senegal

Nina Stankous,
National University, USA

Lovergine Saverio,
Tor Vergata University of Rome, Italy

Fekadu Yehualashet Maru,
Jigjiga University, Ethiopia

Karima Laamiri,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Elena Hunt,
Laurentian University, Canada

Sharad K. Soni,
Jawaharlal Nehru University, India

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

Florence Kagendo Muindi,
University of Nairobi, Kenya

Maximo Rossi Malan,
Universidad de la Republica, Uruguay

Haggag Mohamed Haggag,
South Valley University, Egypt

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

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

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

Fernando Paulo Oliveira Magalhaes,
Polytechnic Institute of Leiria, Portugal

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

Stefan Cristian Gherghina,
Bucharest University of Economic Studies, Romania

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

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

Aristide Yemmafouo,
University of Dschang, Cameroon

Gabriel Anibal Monzón,
University of Moron, Argentina

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

Arburim Iseni,
State University of Tetovo, Republic of Macedonia

Raoufou Pierre Radji,
University of Lome, Togo

Juan Carlos Rodriguez Rodriguez,
Universidad de Almeria, Spain

Satoru Suzuki,
Panasonic Corporation, Japan

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

Russell Kabir,
Anglia Ruskin University, UK

Nasreen Khan,
SZABIST, Dubai

Luisa Morales Maure,
University of Panama, Panama

Lipeng Xin,
Xi'an Jiaotong University, China

Harja Maria,
Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

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

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

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

Bertin Desire Soh Fotsing,
University of Dschang, Cameroon

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

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

Abdelfettah Maouni,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Alina Stela Resceanu,
University of Craiova, Romania

Alilouch Redouan,
Chouaib Doukkali University, Morocco

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

Sufi Amin,
International Islamic University, Islamabad Pakistan

Sanja Milosevic Govedarovic,
University of Belgrade, Serbia

Elham Mohammadi,
Curtin University, Australia

Andrianarizaka Marc Tiana,
University of Antananarivo, Madagascar

Ngakan Ketut Acwin Dwijendra,
Udayana University, Indonesia

Yue Cao,
Southeast University, China

Audrey Tolouian,
University of Texas, USA

Asli Cazorla Milla,
Universidad Internacional de Valencia, Spain

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

Tabou Talahatou,
University of Abomey-Calavi, Benin

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

Hamidreza Izadi,
Chabahar Maritime University, Iran

Hanaa Ouda Khadri Ahmed Ouda,
Ain Shams University, Egypt

Rachid Ismaili,
Hassan 1 University, Morocco

Tamar Ghutidze,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Emine Koca,
Ankara Haci Bayram Veli University, Turkey

David Perez Jorge,
University of La Laguna, Spain

Irma Guga,
European University of Tirana, Albania

Jesus Gerardo Martínez del Castillo,
University of Almeria, Spain

Mohammed Mouradi,
Sultan Moulay Slimane University, Morocco

Marco Tulio Ceron Lopez,
Institute of University Studies, Mexico

Mangambu Mokoso Jean De Dieu,
University of Bukavu, Congo

Hadi Sutopo,
Topazart, Indonesia

Priyantha W. Mudalige,
University of Kelaniya, Sri Lanka

Emmanouil N. Choustoulakis,
University of Peloponnese, Greece

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

Pinnawala Sangasumana,
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

Abdelali Kaaouachi,
Mohammed I University, Morocco

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

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

Amaya Epelde Larranaga,
University of Granada, Spain

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

Saly Sambou,
Cheikh Anta Diop University, Senegal

Daniela Di Berardino,
University of Chieti-Pescara, Italy

Dorjana Klosi,
University of Vlora "Ismail Qemali, Albania

Abu Hamja,
Aalborg University, Denmark

Stankovska Gordana,
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

Maria Leticia Bautista Diaz,
National Autonomous University, Mexico

Bruno Augusto Sampaio Fuga,
North Parana University, Brazil

Anouar Alami,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Vincenzo Riso,
University of Ferrara, Italy

Janhavi Nagwekar,
St. Michael's Hospital, Canada

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

Xi Chen,
University of Kentucky, USA

Fateh Mebarek-Oudina,
Skikda University, Algeria

Nadia Mansour,
University of Sousse, Tunisia

Jestoni Dulva Maniago,
Majmaah University, Saudi Arabia

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

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

Enriko Ceko,
Wisdom University, Albania

Laura Fischer,
National Autonomous University of Mexico, Mexico

Mauro Berumen,
Caribbean University, Mexico

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

Maria Carlota,
Autonomous University of Queretaro, Mexico

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

Bhupendra Karki,
University of Louisville, Louisville, USA

Evens Emmanuel,
University of Quisqueya, Haiti

Iresha Madhavi Lakshman,
University of Colombo, Sri Lanka

Francesco Scotognella,
Polytechnic University of Milan, Italy

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

Rawaa Qasha,
University of Mosul, Iraq

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

Hani Nasser Abdelhamid,
Assiut University, Egypt

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

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

Ilenia Farina,
University of Naples "Parthenope, Italy

Luisa Zanolla,
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

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

Adriana Burlea-Schiopoiu,
University of Craiova, Romania

Fernando Espinoza Lopez,
Hofstra University, USA

Ammar B. Altemimi,
University of Basrah, Iraq

Monica Butnariu,
University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine "King Michael I, Romania

Davide Calandra,
University of Turin, Italy

Nicola Varrone,
University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy

Luis Angel Medina Juarez,
University of Sonora, Mexico

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

Sameer Algburi,
Al-Kitab University, Iraq

Braione Pietro,
University of Milano-Bicocca, Italy

Mounia Bendari,
Mohammed VI University, Morocco

Stamatios Papadakis,
University of Crete, Greece

Aleksey Khlopytskyi,
Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine

Sung-Kun Kim,
Northeastern State University, USA

Nemanja Berber,
University of Novi Sad, Serbia

Krejsa Martin,
Technical University of Ostrava, Czech Republic

Magdalena Vaverkova,
Mendel University in Brno, Czech Republic

Jeewaka Kumara,
University of Peradeniya, Sri Lanka

Antonella Giacosa,
University of Torino, Italy

Paola Clara Leotta,
University of Catania, Italy

Francesco G. Patania,
University of Catania, Italy

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

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

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

Usama Konbr,
Tanta University, Egypt

Branislav Radeljic,
Necmettin Erbakan University, Turkey

Anita Mandaric Vukusic,
University of Split, Croatia

Barbara Cappuzzo,
University of Palermo, Italy

Roman Jimenez Vera,
Juarez Autonomous University of Tabasco, Mexico

Lucia P. Romero Mariscal,
University of Almeria, Spain

Pedro Antonio Martin-Cervantes,
University of Almeria, Spain

Hasan Abd Ali Khudhair,
Southern Technical University, Iraq

Qanqom Amira,
Ibn Zohr University, Morocco

Farid Samir Benavides Vanegas,
Catholic University of Colombia, Colombia

Nedret Kuran Burcoglu,
Emeritus of Bogazici University, Turkey

Julio Costa Pinto,
University of Santiago de Compostela, Spain

Satish Kumar,
Dire Dawa University, Ethiopia

Favio Farinella,
National University of Mar del Plata, Argentina

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

Salwa Alinat,
Open University, Israel

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

Rasool Bukhsh Mirjat,
Senior Civil Judge, Islamabad, Pakistan

Samantha Goncalves Mancini Ramos,
Londrina State University, Brazil

Mykola Nesprava,
Dnoproperovsk State University of Internal Affairs, Ukraine

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

Giacomo Buoncompagni,
University of Florence, Italy

Elza Nikoleishvili,
University of Georgia, Georgia

Mohammed Mahmood Mohammed,
University of Baghdad, Iraq

Oudgou Mohamed,
University Sultan Moulay Slimane, Morocco

Arlinda Ymeraj,
European University of Tirana, Albania

Luisa Maria Arvide Cambra,
University of Almeria, Spain

Charahabil Mohamed Mahamoud,
University Assane Seck of Ziguinchor, Senegal

Ehsaneh Nejad Mohammad Nameghi,
Islamic Azad University, Iran

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

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

Harouna Issa Amadou,
Abdou Moumouni University of Niger

Achille Magloire Ngah,
Yaounde University II, Cameroun

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

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

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

Oumar Bah,
Sup' Management, Mali

Angelica Selene Sterling Zozoaga,
Universidad del Caribe, Mexico

Josephine W. Gitome,
Kenyatta University, Kenya

Keumean Keiba Noel,
Felix Houphouet Boigny University Abidjan, Ivory Coast

Tape Bi Sehi Antoine,
University Peleforo Gon Coulibaly, Ivory Coast

Atsé Calvin Yapi,
Université Alassane Ouattara, Côte d'Ivoire

Desara Dushi,
Vrije Universiteit Brussel, Belgium

Mary Ann Hollingsworth,
University of West Alabama, Liberty University, USA

Aziz Dieng,
University of Portsmouth, UK

Ruth Magdalena Gallegos Torres,
Universidad Autonoma de Queretaro, Mexico

Alami Hasnaa,
Universite Chouaid Doukkali, Maroc

Emmanuel Acquah-Sam,
Wisconsin International University College, Ghana

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

Hicham Chairi,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Noureddine El Aouad,
University Abdelmalek Essaady, Morocco

Samir Diouny,
Hassan II University, Casablanca, Morocco

Gibet Tani Hicham,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

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

Abderrahim Ayad,
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

Sara Teidj,
Moulay Ismail University Meknes, Morocco

Gbadamassi Fousséni,
Université de Parakou, Benin

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

Haounati Redouane,
Ibn Zohr Agadir, Morocco

Hicham Es-soufi,
Moulay Ismail University, Morocco

Imad Ait Lhassan,
Abdelmalek Essaâdi University, Morocco

Givi Makalatia,
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Adil Brouri,
Moulay Ismail University, Morocco

Noureddine El Baraka,
Ibn Zohr University, Morocco

Ahmed Aberqi,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Oussama Mahboub,
Queens University, Kingston, Canada

Markela Muca,
University of Tirana, Albania

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

Kledi Xhaxhiu,
University of Tirana, Albania

Saleem Iqbal,
University of Balochistan Quetta, Pakistan

Dritan Topi,
University of Tirana, Albania

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

Adil Youssef Sayeh,
Chouaib Doukkali University, Morocco

Zineb Tribak,
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

Ngwengeh Brendaline Belo,
University of Biea, Cameroon

El Agy Fatima,
Sidi Mohamed Ben Abdelah University, Morocco

Julian Kraja,
University of Shkodra "Luigj Gurakuqi", Albania

Nato Durglishvili,
University of Georgia, Georgia

Abdelkrim Salim,
Hassiba Benbouali University of Chlef, Algeria

Omar Kchit,
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

Isaac Ogundu,
Ignatius Ajuru University of Education, Nigeria

Giuseppe Lanza,
University of Catania, Italy

Monssif Najim,
Ibn Zohr University, Morocco

Luan Bekteshi,
"Barleti" University, Albania

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

Oudani Hassan,
University Ibn Zohr Agadir, Morocco

Merita Rumano,
University of Tirana, Albania

Mohamed Chiban,
Ibn Zohr University, Morocco

Tal Pavel,
The Institute for Cyber Policy Studies, Israel

Jawad Laadraoui,
University Cadi Ayyad of Marrakech, Morocco

El Mourabit Youssef,
Ibn Zohr University, Morocco

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

Krzysztof Nesterowicz,
Ludovika-University of Public Service, Hungary

Laamrani El Idrissi Safae,
Ibn Tofail University, Morocco

Suphi Ural,
Cukurova University, Turkey

Emrah Eray Akca,
Istanbul Aydin University, Turkey

Selcuk Poyraz,
Adiyaman University, Turkey

Ocak Gurbuz,
University of Afyon Kocatepe, Turkey

Umut Sener,
Aksaray University, Turkey

Mateen Abbas,
Capital University of Science and Technology, Pakistan

Muhammed Bilgehan Aytac,
Aksaray University, Turkey

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

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

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

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

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

Atif Ali,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Shahzda Adnan,
Pakistan Meteorological Department, Pakistan

Waqar Ahmed,
Johns Hopkins University, USA

Faizan ur Rehman Qaiser,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Choua Ouchemi,
Université de N'Djaména, Tchad

Syed Tallataf Hussain Shah,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Saeed Ahmed,
University of Management and Technology, Pakistan

Hafiz Muhammad Arshad,
COMSATS University Islamabad, Pakistan

Johana Hajdini,
University "G. d'Annunzio" of Chieti-Pescara, Italy

Mujeeb Ur Rehman,
York St John University, UK

Noshaba Zulfiqar,
University of Wah, Pakistan

Muhammad Imran Shah,
Government College University Faisalabad, Pakistan

Niaz Bahadur Khan,
National University of Sciences and Technology, Islamabad, Pakistan

Titilayo Olotu,
Kent State University, Ohio, USA

Kouakou Paul-Alfred Kouakou,
Université Peleforo Gon Coulibaly, Côte d'Ivoire

Sajjad Ali,
Karakoram International University, Pakistan

Hiqmet Kamberaj,
International Balkan University, Macedonia

Sanna Ullah,
University of Central Punjab Lahore, Pakistan

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

Heba Mostafa Mohamed,
Beni Suef University, Egypt

Abdul Basit,
Zhejiang University, China

Karim Iddouch,
International University of Casablanca, Morocco

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

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

Dolantina Hyka,
Mediterranean University of Albania

Yaya Dosso,
Alassane Ouattara University, Ivory Coast

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

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

Soumaya Outellou,
Higher Institute of Nursing Professions and Health Techniques, Morocco

Rafael Antonio Estevez Ramos,
Universidad Autónoma del Estado de México

Mohamed El Mehdi Saidi,
Cadi Ayyad University, Morocco

Ouattara Amidou,
University of San Pedro, Côte d'Ivoire

Murry Siyasiya,
Blantyre International University, Malawi

Benbrahim Mohamed,
Centre Regional des Métiers de l'Éducation et de la Formation d'Inezgane (CRMEF),
Morocco

Emmanuel Gitonga Gicharu,
Mount Kenya University, Kenya

Er-razine Soufiane,
Regional Centre for Education and Training Professions, Morocco

Foldi Kata,
University of Debrecen, Hungary

Elda Xhumari,
University of Tirana, Albania

Daniel Paredes Zempual,
Universidad Estatal de Sonora, Mexico

Jean Francois Regis Sindayihebura,
University of Burundi, Burundi

Luis Enrique Acosta Gonzlez,
University of Holguin, Cuba

Odoziobodo Severus Ifeanyi,
Enugu State University of Science and Technology, Enugu, Nigeria

Maria Elena Jaime de Pablos,
University of Almeria, Spain

Soro Kolotcholoma Issouf
Peleforo Gon Coulibaly University, Cote d'Ivoire

Compaore Inoussa
Université Nazi BONI, Burkina Faso

Dorothee Fegbawe Badanaro
University of Lome, Togo

Soro Kolotcholoma Issouf
Peleforo GON COULIBALY University, Cote d'Ivoire

Compaore Inoussa

Université Nazi BONI, Burkina Faso

Dorothee Fegbawe Badanaro

University of Lome, Togo

Kouakou N'dri Laurent

Alassane Ouattara University, Ivory Coast

Jalila Achouaq Aazim

University Mohammed V, Morocco

Georgios Farantos

University of West Attica, Greece

Maria Aránzazu Calzadilla Medina

University of La Laguna, Spain

Tiendrebeogo Neboma Romaric

Nazi Boni University, Burkina Faso

Dionysios Vourtsis

University of West Attica, Greece

Zamir Ahmed

Government Dehli Degree Science College, Pakistan

Akinsola Oluwaseun Kayode

Chrisland University, Nigeria

Rosendo Romero Andrade

Autonomous University of Sinaloa, Mexico

Belamalem Souad

University Ibn Tofail, Morocco

Hoummad Chakib

Cadi Ayyad University, Morocco

Jozsef Zoltan Malik

Budapest Metropolitan University, Hungary

Sahar Abboud Alameh

LIU University, Lebanon

Table of Contents:

Effects of Climate Change on Crop Yield: Is it a Benefit or Menace?.....1

Omowunmi A. Odeyomi

Godfrey Ejimakor

Omoanghe S. Isikhuemhen

DeepLeaf: Automated Leaf Classification Using Convolutional Neural Networks.....22

Najla Althuniyan, Ala'a R. Al-Shamasneh, Arwa Bawazir, Zainab

Mohiuddin, Shroug Bawazir

Lamiaceae Family Plants as Natural Solutions for Inflammation and Blood Sugar Management.....34

Vasiliki Lagouri

Sara Oumenoune Tebbi

Armando Caseiro

Maria Trapali

Évaluation du niveau de consommation des fruits et légumes chez les étudiants de l'Université Felix Houphouët-Boigny de Côte d'Ivoire en 2018.....52

Anon Franck-Donald N'guessan

N'da Mireille-Vanessa Yoboué

Digbé Matogoma Epse Blé

Siaky Motihé Kamara

Egnon Vivien Kouakou

Yapi Ahoua

Sassor Odile Purifine Ake-Tano

Conception des apprenants de la classe de terminale D du Collège d'Enseignement Général 1 (CEG 1) Adjarra sur la notion de réflexe.....69

Joachim Hounkpatin

Abdoulaye Chérif Moussiliou

Olatoundé Amand Léonce Affolabi

Eugène Oke

Denise Orange Ravachol

Résultats du traitement chirurgical des fractures des plateaux tibiaux au Centre Hospitalier Universitaire la renaissance de N'Djamena à propos de 35 cas.....84

Magloire Dingamnodji

Valentin Andjeffa

Daniel Adendjingue Mossalmbaye

Siniki Fandebnet

Christophe Hassia

Barakel Vlei-Aye

Ngamai Kotyade

Edmond Tapsoba

Mohamed Tall

Activation biophysique chez des patients schizophrènes sous différents traitements médicamenteux pris en charge au Service d'Addictologie et Hygiène Mentale (SAHM) d'Abidjan (Côte d'Ivoire).....87

Adou Yao Taoua

Jérôme Kouadio Kouakou

Firmin Kouassi Kouakou

Siméon Kouassi Kouakou

Jean-Bertin Beugré

Paulin Koffi Konan

Etienne Yao Kouadio

Variabilité hydrométrique et leur relation avec la pluviométrie dans le département du Mono entre 1960 et 2019, Benin (Afrique de l'Ouest).....106

M.V. Bessan

E.W. Vissin

K.F. Ogou

E. Ogouwale

Profil épidémiologique de la surcharge pondérale chez les travailleurs : cas du personnel du Ministère du Travail et de la Fonction Publique au BENIN en 2023.....123

Lucile Tatiana Sèdomèdji Bedie Toïhen

Géraud Padonou

Charles Jérôme Sossa

Coovi Nonwanou Ignace Tokpanoude

Bayédjè Evrard Koutchoro

Sègnon Eurydice Elvire Djossou

Aguemon Badirou

Qualité trophique des étangs piscicoles dans la région d'Azaguié Abey (Côte d'Ivoire) à partir des taxons phytoplanctoniques.....140

Estelle Sévérine Konan

Moreto Salla

Koffi Komoe

Sotran Claudine Koffi

Diversité et importance socio-économique de la flore sauvage de la mare de Bougary (Assaba, Mauritanie) et ses bordures.....162

Abdellahi Mohamed Vall Hmeyada

Lemhaba Yarba

Ahmed Aliyenne

Baba Ainina Moulay M'Hammed

Allal Mohamed Abdellahi

Amélioration de la conservation de la papaye (Carica papaya L.), variété Solo Golden, à la température ambiante par l'utilisation de films polyéthyléniques.....185

Kouakou Olivier Konan

Tièba Victor Ouattara

Eboa Christophe Ghislain Eponon

Acka Emmanuel Dick

Bias correction of CORDEX-Africa regional climate model simulations for climate change projections in northeastern Lake Chad: Comparative analysis of three bias correction methods.....204

Mardochee Dingamadji

Julien Adoukpe

Hamit Abderamane

Mahamat Nour Abdallah

Effects of Climate Change on Crop Yield: Is it a Benefit or Menace?

Omowunmi A. Odeyomi

Godfrey Ejimakor

Department of Agribusiness, Applied Economics and Agriscience Education,
North Carolina A&T State University, Greensboro, USA

Omoanghe S. Isikhuemhen

Department of Natural Resources and Environmental Sciences,
North Carolina A&T State University, Greensboro, USA

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n30p1](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p1)

Submitted: 21 June 2024

Accepted: 08 October 2024

Published: 31 October 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Odeyomi O.A., Ejimakor G. & Isikhuemhen O.S. (2024). *Effects of Climate Change on Crop Yield: Is it a Benefit or Menace?*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (30), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p1>

Abstract

The review explained the detrimental and beneficial effects of climate change on crop yields of major value crops such as corn, wheat, rice, and soybean. The trend in crop yields of these crops among the largest food producers in the world was examined. The study observed the changes that have occurred in crop yields because of climate change over the years. The changes have effects that cause shifts in temperature and precipitation, rising sea levels, and loss of biodiversity which are detrimental to the environment, economy, and health of humans, plants and animals, and the ecosystem in general. The effects of these changes as observed in plants cause high CO₂ levels, increased temperature and precipitation, droughts, floods pests, and diseases. The study emphasized the fact that some phenomena caused by climate change such as CO₂ fertilization and increased temperature because of global warming proved to be beneficial to crop yields in specific crops. Further deliberations on the effects on yields looked into the implications of factors such as weather, crop physiology, soil properties, and the economic aspect of how climate change affected the yield of crops. We then emphasized the fact that adaptation and mitigation strategies should be put in place to reduce the

effects of climate change on the yield of crops by taking into consideration the beneficial aspects and non-beneficial aspects of climate change.

Keywords: Climate change, yield, CO₂, temperature, adaptation, mitigation

Introduction

Climate change according to United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC, 2011), refers to alterations in weather conditions for long periods that are directly or indirectly caused by anthropogenic which modify the structure of the airspace globally. Climate change is defined as shifts or changes in weather patterns that have been observed for long periods which can run from several decades to millions of years with negative effects such as global warming, droughts, flooding, wildfires, etc (IPCC, 2007; Foster et al., 2017; Clark et al., 2022). The changes have effects that cause shifts in temperature and precipitation, rising sea levels, and loss of biodiversity which are detrimental to the environment, economy, and health of humans, plants and animals, and the ecosystem in general. These changes are caused by anthropogenic activities and sometimes natural occurrences like volcanic eruptions.

Climate change has varying effects on society and the ecosystem. This is exemplified by variations in temperature and precipitation, varying rainfall patterns and intensity, increased greenhouse gas emissions, heightened regularity and intensity of natural disasters, quality of human health, changes to forests and other ecosystems, etc (Amenu, 2017). The shifts in temperatures and order of rainfall and their effects on water availability, pests, disease, and unfavorable natural occurrences can affect agricultural production. Some studies such as Cline (2007) and Walthall *et al.* (2012) have predicted the effects of climate worldwide if not properly managed would lead to about a 15.9% decrease in global agricultural productivity by 2080s. This decrease would affect developing counties more with a greater decline in productivity to 19.7%.

Studies on climate change inform that in the short run, global crop production may increase due to global warming but this increase will turn negative in the long run (Bruinsma, 2003; IPCC 2007; Foster *et al.*, 2017). It is expected that developing economies and regions with low latitude will be more affected by the impacts of global warming caused by climate change because of their vulnerable topography, high share of agriculture in their economies, and restricted adaptive capacity. High-latitude regions, on the other hand, will benefit from the effects of climate change. This claim indicates that climate change might be beneficial and not all the time detrimental in some cases. This study aims to explore the instances and

conditions that propose these claims and how such conditions can be diverted to boost the yield of crops.

Crop Yield of Value Crops Across the Globe

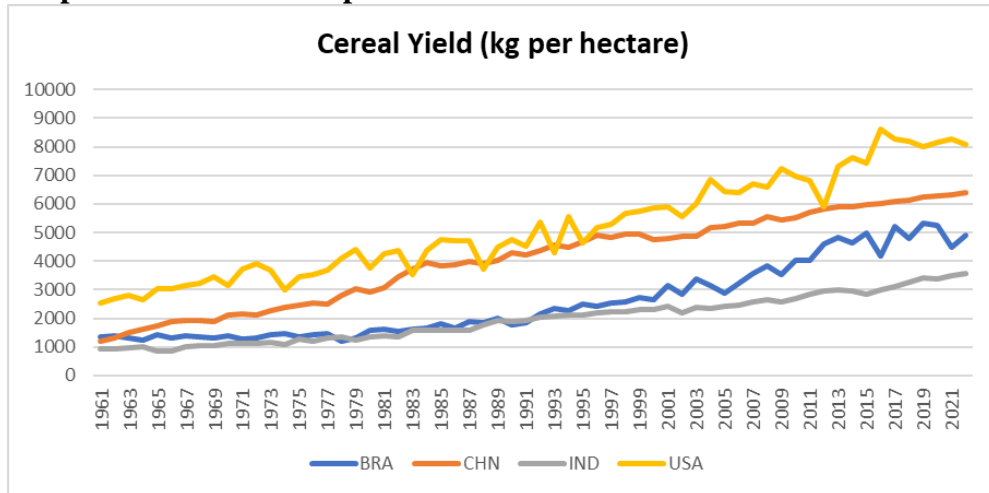


Figure 1: Yield of cereal crops among the largest crop producers in the world
Source: World Bank DataBank (2023)

Cereals are crops found as grasses that are cultivated for their edible grains. These crops are cultivated in large quantities and are great sources of energy. They are regarded as staple crops in most parts of the world because of their easy accessibility which informed their use as a standard diet for most populations of the world. They include rice, wheat, corn, oats, rye, barley. The highest producers of these crops in the world are China, the United States, Brazil, and India. The United States is the largest producer with 8,268 kg per hectare of cereal produced in 2021, China follows with 6,319.8 kg per hectare and Brazil produced 4,478.7 kg per hectare while India had 3,478.8 kg per hectare of cereal (World Bank Data, 2023). These crops are harvested and processed into food for human nutrition, animal feed for poultry and livestock; and in the production of other substances such as adhesives, glucose, alcohol, oils, and even as biofuels for power generation. Figure 1 above shows the yield of cereal crops over the years among the largest crop producers in the world. This trend has been in an upward moving position indicating that there is an increase in the yield across countries as the years roll by. This can be attributed to the adoption of commercial farming by these producers to meet the world food demand. Farmers have had to increase their level of production by increasing their farm size, adopting new technologies to boost production, implementing best agricultural practices to prevent pests and diseases, etc. All these innovations have yielded positive results, but these results have been hampered by agriculture’s dependence on weather and climatic factors.

Agriculture at any level is still very dependent on weather though the level of dependency varies. This is because factors such as temperature, humidity, and precipitation affect stages of crop growth. Anthropogenic activities such as the burning of fossil fuels, mining, the release of industrial wastes to water bodies, and excessive and indiscriminate use of pesticides, herbicides, and fertilizers have amplified the effects of climate change. These effects of climate change can be felt on plants and animals and by extension the environment.

Effects of Climate Change on Plants

The effects of climate change on plants can be explained in the following ways:

- **High CO₂ Levels**

As CO₂ increases in the atmosphere, plant productivity improves (Morison and Matthews, 2016). High and heightened amounts of atmospheric CO₂ are expected to improve plant productivity. However, the improvement in plant productivity reduces at higher concentrations of CO₂ and is determined by other factors such as temperature, plant species, and water and nutrient availability. When CO₂ concentrations are high, the rate at which plants use water is reduced and this causes a reduction in productivity due to drier atmospheric conditions. Also, when CO₂ levels are increased, the chemical composition of plants can be altered which affects nitrogen contents and the higher soluble carbohydrates concentration. The resultant effect of all these is the reduced quality of nutrients. When atmospheric CO₂ is higher than the ambient level, increased rates of photosynthesis are observed which would lead to an increase in the yield of crops like legumes and tubers but less in cereals (Parry *et al.*, 2004; Ainsworth & Long, 2020; Alimaghani *et al.*, 2024). This occurs because high CO₂ shrinks down the opening of the stomata of plants which causes lowered transpiration per unit area. With enhanced photosynthesis comes water-use efficiency (the ratio of the rate of assimilation of carbon during the process of photosynthesis to the rate of transpiration). From these processes, it is observed that increased CO₂ levels alone help to improve the growth and yield of agricultural crop plants in terms of grain yield, harvest index, and total biomass yield (Tubiello and Ewert, 2003; Castano-Sanchez *et al.*, 2020). Zinyengere *et al.* (2013) examined CO₂ fertilization rates and how they affect crop yield in a study on the reactions of crops to alterations in weather conditions in Southern Africa. The study looked into the importance of increasing CO₂ levels as a determinant of global warming and climate change phenomena and how it affects the crop metabolic processes resulting in low crop yields. However, it was revealed that depending on crop physiology (C3 or C4 pathways) as CO₂ levels go higher, yields of crops can also be impacted positively during the process of CO₂ fertilization as tested in simulation models using corn and alfalfa. (IPCC,

2007; Ainsworth and Long; 2020). CO₂ fertilization caused a counterbalance through the interaction between land surfaces and gas exchanges which then leads to higher yields (Walker and Schilze, 2006; Knox et al., 2010; Zhu et al., 2017). They projected that by 2050 yields in sugarcane production in the area would increase by 15% if CO₂ fertilization rates are doubled. Abraha and Savage (2006) and Clark et al. (2022) confirmed that yields would increase with doubling CO₂ levels. Their studies further revealed that an increase in temperature by 4°C will offset the positive effect of CO₂ fertilization. Chipanshi et al., (2003) in Botswana and Chemura et al., in South Africa, deduced that increased CO₂ would not cause high crop yields in maize and sorghum and due to the high-altitude level of the countries. Cline (2007) used climate models and made predictions of increased CO₂ concentrations by 2080 accompanied by a rise of 3.3⁰C in mean temperature globally. His study revealed that carbon fertilization to a limited extent would affect productivity in agriculture globally. This was proved by the results that showed that the carbon fertilization effect on productivity would lead to a 3% decline in yield whereas with no carbon fertilization effect, the decline would increase to a 16% decrease in yield. Also, the study confirmed a huge percentage of these losses would be concentrated in developing economies. It was observed that the developing economies would experience 9% losses in yield with the effect of carbon fertilization and 21% losses without the carbon fertilization effect. On the other hand, developing countries were expected to have an 8% increase in yield in the effect of carbon fertilization and a 6% loss without carbon fertilization. Therefore, from all these, it is evident that CO₂ increases through carbon fertilization can lead to increases in yield in the short term. Also these positive increases in yield, however, are evident at certain temperatures which when exceeded become counter-effective. This also shows that in the long run, crop yield tends to decrease at a rate that is higher than the earlier reported increases which leads to crop losses.

- **Extreme Temperatures**

Climate change has had its effects on the earth's ecosystem leading to global warming and increased atmospheric temperatures. Over recent decades, warmer average temperatures characterized different agroecological regions which has led to an early onset of spring and delayed winter (Morison and Matthew, 2016). This invariably implies longer growing seasons and higher productivity of crops that require more day length such as pasture, root crops, leafy vegetables, and some fruit crops. Lower yields can sometimes occur because these high temperatures cause crops to develop faster in short periods in some regions of the world than others (Stone, 2001; Beillouin *et al.*, 2020). What is experienced in such scenarios is that crops do not fully develop because of the short durations which causes lower yields. The plant

developmental processes affected by these high temperatures are photosynthesis, respiration, and grain-filling. Plants experience an increase or decrease in net photosynthesis when it is warm during the day, while respiration costs are elevated during warming at night with no gain for photosynthesis because of the absence of sunlight (Crafts-Brandner and Sallvucci, 2002; Moore *et al.*, 2021). Amenu (2017) studied crop diversity and its effects on climate change adaptation and affirms that the process of photosynthesis is affected in that crops like maize and sugarcane which possess a C4 photosynthetic pathway utilize optimum temperature for photosynthesis than C3 crops such as rice and wheat. He added that this does not always hold because it has been observed that even with high temperatures, some C4 crops have low rates of photosynthesis.

Contrarily, crops such as cereals whose development is not affected by day length, hot temperatures, and frequent heat waves hasten maturity and reduce the lifecycle of the crops thereby affecting the yield and quality negatively. For example, Asseng *et al.* (2015) in their research observed 30 different crop models of wheat by running experiments on the fields with artificial means of heating at high temperatures of between 150 to 32⁰C.

The study confirmed that wheat production was greatly affected by extreme temperature and heat waves which reduced crop yield by 6% for each ⁰C rise in temperature. Ababor and Zakir (2019) observed the influence of water deficit and extreme temperatures on the reproductive phases of plant growth and discovered that processes such as the initiation of flower and inflorescence were affected by stress caused by water in cereals. Also, it was discovered that a 30⁰C increase in temperature during floret development causes sterility in cereals. With such temperatures and resulting conditions, crops can not even be produced thereby leading to huge losses in crop yield.

- **Droughts**

Drought with the accompanying effects of high temperatures causes pressure on plants and leads high impact on cereal yields particularly during reproductive growth and seed-filling in lentils (Barnabas *et al.*, 2008; Seghal *et al.*, 2017; Zhu *et al.*, 2022). The process of photosynthesis stops abruptly when the temperature increases from 35⁰C because an important enzyme that acts as a catalyst in the process of photosynthesis, Rubisco, is disrupted at levels of temperature higher than that. In rice, drought stress greatly disturbs the process of fertilization and anthesis (Griffin *et al.*, 2004; Perdomo *et al.*, 2017; Yang *et al.*, 2022). Zhao *et al.* (2017) experimented to analyze the climate change impact on major crop yields such as wheat, rice, soybean, and maize in different geographical locations. The study revealed that climate change caused a reduction in the yields of 6%, 3.2%, 3.1%, and 7.4% of the crops, respectively. The study added that the availability of water at the

different stages of a plant's life is important for the crop's productivity. The warmer, drier, and longer summers that result from the effects of climate change can reduce plant yields. Morison and Matthews (2017) believed extended periods of drought can have a permanent impact on crops if they occur at specific stages of crop development where the need for adequate water is required. Such periods can be during the vegetative stage which can cause reduced CO₂ uptake and reduce crop canopy expansion. The only remedy to this is to engage in irrigation to cover up for the unavailability of water in the short run but if the frequency and intensity of drought increases in the long run, it will be disastrous.

- **Flooding**

In recent times, the world has experienced an increase in winter rainfall patterns as a result of climate change (Morison and Matthews, 2017). Rainfall is good for plants but excessive rainfall has negative impacts on agricultural production. The effects can be seen in the loss of topsoil and nutrients due to erosion as we experience a higher volume of rainfall. In soils that cannot hold water, growth can be impeded because of the restriction of the flow of oxygen in waterlogged areas. The incidence of soil compaction is a common occurrence during flooding and this can restrict movement of machinery operations on the field. Soil compaction can also intensify the spread of pests and diseases on the farm which can cause damage to plants and soils. However, flooding can be redirected into irrigation use if the infrastructure to store up the excess water in winter for use during the drier summer months is made available. Moreso, Byishimo (2017) believes that based on the intensity of the falls, patterns of rainfall can lead to either an increase or decrease in crop yield. It is estimated that about one-fifth of the population of the world resides in river basins and a slight increase away from the norm in rainfall intensity could heighten the susceptibility of such areas to floods thereby affecting farming activities (IPCC, 2007; Seneviratne et al., 2021). In a bid to cope with the risk of flooding, farmers in developing countries adapt to these changes by switching crops, engaging in crop diversification, and planting trees to break the flow of the floods. (Ziervogel et al., 2006; Antwi-Agyei et al., 2018; Alhassan, 2020).

- **Pests and Diseases**

The loss of crop yield due to the rampancy of pests and diseases is heightened by climate change because of the increased temperature, precipitation levels, rainfall, and soil moisture (Ababor and Zakir, 2019; Morison and Matthews, 2016). These weather conditions have been observed to favor the release and production of spores which aid pathogens in the completion of their life cycles. When an area experiences milder winters and

warmer or drier summers, pests and diseases increase. Amenu (2016) asserts that temperature changes can lead to changes in weather patterns that result in adverse situations and thus, for example, overwintering and summer survival which favor the virulent spread of pests and diseases. Atmospheric gases like CO₂ and O₃ can influence the prevalence of plant disease due to the interaction between these gases and pathogen growth (Chakraborty and Newton, 2011). In an attempt to control pests and diseases through the use or overuse of pesticides, biodiversity which is important to crop growth and yield could be lost (Ababor and Zakir, 2019).

The movement of weeds leading to the naturalization of alien species was enhanced by climate change (Bauckland et al., 2008; Sheppard et al., 2016). Several weeds, especially the C3 weeds that are invasive, grow rapidly when CO₂ is high even more than cash crops. This results in their prevalence on farms during periods of high CO₂ concentration thereby competing with plants for water, nutrients, and sunlight and sometimes overshadowing plants. There could also be an increase in pest and disease prevalence even while trying to curb it with the use of chemicals because it was recently observed glyphosate loses its efficacy on weeds grown at high concentrations of CO₂ (Martzafi *et al.*, 2019). The early onset of spring and warmer winters that have been experienced in recent times due to climate change cause the multiplication of pathogens and parasites resulting in diseases spread among crops and animals.

Effects of Climate Change on Crop Yields

Some studies compared the different effects of climate change in different regions of the world. The main approaches to these studies were the use of crop models and regression analysis to depict these relationships. Some studies have shown that there was evidence of a reduction in crop productivity in equatorial and tropical regions due to temperature differences; while temperate regions benefited from an increase in crop productivity because of the lower ambient temperature in such places (Vose *et al.*, 2005; Tang *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2021). Schlenker and Roberts (2009) discovered the temperature thresholds for different crops by using panel data of their yields for different counties while incorporating varying temperatures within the days and across the days in the growth period of the crops which resulted in increased yields for temperatures up to 29°C for corn, 30°C for soybeans, and 32°C for cotton. This means that temperatures above these stated thresholds would have adverse effects on the crops. Zhang *et al.* (2017) examined how crucial it is to include other variables apart from temperature and precipitation in the study of the effect of climate change on agricultural production and found that when other factors but humidity are considered, the impacts of climate change on yields on crops are over-specified. Oehninger *et al* (2017)

studied the effects of changes in temperature, precipitation, and humidity on crop choice and agricultural variety using the Tobit regression model showing that factors such as temperature, precipitation, and humidity affect the acreage of crops at varying degrees while depending on the crop, the specification, and/or month. Also, while considering temperature effects Sharma *et al.* (2022) computed the effect of variables such as temperature (daily maximum and minimum) and rainfall on crops such as corn, rice, and wheat using a fixed-effect model. They applied the production function to the data obtained from 1980-2020 from 11 states in South Eastern United States. It was observed that warming at night was higher than that of the day during the growing seasons of the crops. Wheat yield was significantly affected by rainfall with no effect on rice and corn yields. On the other hand, maximum and minimum temperatures did not affect wheat yield but we saw reductions in the yield of corn and rice due to the rise in maximum temperature. This rise was further offset by an increase in minimum temperature to cause an increase in the yield of rice and corn. This hereby concluded that temperature did not affect wheat yield making it a crop that is tolerant to temperature. Temperature serves as one of the most prominent effects of climate change on agricultural production. Hence, Bento *et al.* (2021) developed regression models and regional climate model (RCM) simulations with temperature and precipitation as predictors to show the impacts of climate change on wheat and barley yields. The results showed varying responses of wheat and barley according to the regions. The main determinant of yield in the southern region was spring maximum temperature while early winter maximum temperature served as the determinant for the north. Petersen (2019) used a statistical model to predict US yields to 2100 for corn, soybean, and rice using low and high-emissions future scenarios in the event of greenhouse gas emissions. The model used linear regressions between crop yields and daily weather observations and observed that the yield of corn and soybeans will be reduced by the effect of warming temperatures with no effect on rice. This indicates that cultivation of rice in such areas even in the advent of greenhouse gas emissions would have high productivity as compared to the other crops. In addition to this, Lobell and Field explained that increasing temperature and precipitation resulted in approximately 30% yearly variation in average yields for the six most widely globally grown crops. They reported that there is negative response of yields to increased temperatures in wheat, barley, and maize. Estimations were made based on the uniqueness and studied climatic patterns and they concluded that annual overall losses of the three crops amounted to 40Mt of \$ 5 billion yearly because of warming from 1981 to 2002. Though the impacts of temperature on yields may be small as compared to the technical gains from the yield of crops over time, these results indicate that the impacts of climatic patterns on the global yield of crops are negative. The

importance of knowing the drivers of yields would help in decision-making by farmers which would inform them.

Other factors apart from temperature and precipitation were examined. For example, Blanc (2012) estimated the impact of climate change on the yields of crops considering additional factors like evapotranspiration. The yields were predicted for 2100 and while comparing them to a case without climate change, yields for cassava hit near zero figures while that of maize ranged from -19% to 6%, millet ranged from -38% to -13%, and of sorghum was within -47% to -7% with climate change effects. This means that climate change still had negative impacts on yield even when considering other factors.

From an agronomical standpoint, Cai *et al* (2009) based their study on the soil water obtained from rainfall and how it is retained in the soil to promote the yield of crops in the event of climate change. The study obtained results from cornfields in Illinois that were majorly dependent on rainfall using models such as regional-scale climate models, crop growth models, and General Circulation Models (GCM) while citing scenarios of emissions to get results. The study predicted if interventions for adaptation were not being considered or put in place currently, there would be a huge decline (23%-34%) in the yield of rainfed corn by 2055. These results are quite alarming and call for quick action to be able to meet the population's demand for food by then. These estimates are like warning signals to the impending loom that awaits the world concerning the level of food insecurity that will be facing the world shortly.

Zhao *et al* (2022) revealed that the frequency and intensity of compound hot-dry-windy events (HDW) have heightened drastically in the U.S. Great Plains from 1982 to 2020 due to the peculiarity of the terrain. The absence of trees and hills in such areas where agricultural activities are practiced makes it prone to natural disasters such as tornadoes, cyclones, and windstorms. The study reported that these events caused great loss in wheat production which was about a 4% reduction for every 10-hour event of HDW affecting the maturity of the crop. Windy events can cause slow development and restricted growth in plants. High winds can cause low fertilization rates leading to lower yields. This can also affect the water and soil loss in plants because as the speed of the wind increases, particles of water and soil are carried off from the plants. Farmers in these areas employ the use of windbreaks to help curtail the menace of soil and wind erosion because of climate change.

Sultan *et al.* (2019) used historical climate simulations to examine the effects of historical climate change on crop production in West Africa. The study simulated yields of sorghum and millet with crop models for the real climate of the crops and with simulations that had human influences on the

climatic systems. The study showed that there was a yield reduction of approximately 10%-20% for millet and a decrease of 5%-15% in yield for sorghum. These reductions when valued accounted for a loss of about \$2.33-4.02 billion in millet production and \$0.73-2.17 billion in sorghum production between 2000-2009 in the region. This stresses the fact that agricultural production remains a risky enterprise to venture into. These losses for a region were huge and could have been salvaged if proper mitigation and adaptation strategies were put in place.

In a study to quantify the long-run adaptation of U.S. corn and soybean yields to changes in temperature and precipitation, Yu *et al* (2021) looked into the effects of droughts on the productivity of corn and soybeans in the U.S. Their studies indicated that the crops' ability to withstand heat and drought increased but their productivity reduced. The ability of the crops to withstand heat and drought caused yield to increase by 33%(corn) and 20%(soybean) but these increases were offset by the 41% and 87% reduction in yield caused by the effects of climate change. This indicated that even with technological advancements like the formulation of new varieties of seeds, there is a need for studies to determine how far-reaching the effects of these technological advances would resolve the menace caused by climate change.

In the same vein, Santini *et al.* (2022) explored a comprehensive evaluation of how the pattern of droughts is related to the negative impacts on crop yield globally. The study stresses the multifaceted nature of drought as characterized by their magnitude, frequency, duration, and timing on the yield of crops like maize, rice, soybean, and wheat over different cropping seasons from 1981 to 2016. The crops that had high susceptibility under complex drought patterns were winter and spring wheat, soybean, and main-season maize while second-season maize and rice were less susceptible. With regards to regions, the most critical regions for the most vulnerable crop (wheat) were Eastern Europe, the Middle East, and Central Asia whereas the Americas, Southern and Eastern Europe, and sub-Saharan Africa possess susceptibility for different crops. It was also concluded that movement from moderate to extreme multiscale droughts worsens yield losses for wheat and soybean. Also, Eze *et al.* (2022) shared the same view on relating the effects of drought on crop yield. They combined data obtained from climatic conditions, field surveys, and remote sensing to analyze the effects of the droughts of 2015 and 2017 on crop yields in Northern Ethiopia. The study utilized correlation and multilinear stepwise regression to determine drought-yield relationships and spot predictors of yield and yield losses during the years. The precipitation deficit was more in 2015 than in 2017 which made the lowland experience entire sorghum losses. Moreover, it was reported that spatiotemporal variations across the two ecological zones caused by drought which occurred during the planting and maturing stages of barley and sorghum made growth

slow leading to more yield losses. These losses resulted in a shortage of food and reduced the income of smallholder farmers which affected their level of food security during that period. The study recommended that spate irrigation should be encouraged especially in the lowland regions of Northern Ethiopia. Following the same line of thought, Mohammed *et al.* (2022) studied how the intensity, duration, and severity of droughts in Hungary affect crop yield by using different precipitation index levels. The results showed that the western part of Hungary had a higher susceptibility to agricultural drought than the eastern part. For results on frequency, all other parts except the southern parts of Hungary were high which showed that they experienced drought often in those areas. Severe droughts were experienced during the following years: 1970–1973, 1990–1995, 2000–2003, and 2007 and this affected productivity and yield during those periods. The resiliency of maize and wheat to drought was tested and found to be low, especially in the western and central parts of the country. The results obtained indicate that drought events serve as a threat to achieving the aim of food security in the sense of the availability and accessibility of nutritional food. It is therefore recommended that drought-resistant crop varieties be formulated to serve as an adaptation strategy against the effects of climate change on agriculture. Policies that favor the establishment of proper irrigation systems that are suitable for the terrain should also be enacted to combat the menace caused by drought.

Helman and Bonfil (2022) pride as the first study to prove that warming and drought cancel out the rewards of increased CO₂ in the world over the last 60 years. The study combined the use of census observations of the yield of wheat at the country level, records of CO₂, and gridded climate data in a statistical model to show that an increase in CO₂ will increase yield in the top twelve wheat-producing countries, but on the other hand, warming and water depletion reduced grain yield of wheat. The study showed that the increase in CO₂ does not cancel the effects of warming and drought in countries like Germany and France with recorded net loss in yield of 3.1% and no gain. Therefore, intervention programs specific to these areas have to consider these effects while formulating policies. The study even went further and suggested that improving the understanding of the effects of warmer and drier weather on higher CO₂ would require engaging in more experimental studies in warm and dry areas and running them with statistical and numerical modeling.

From an economic point of view, Chen *et al.* (2014) used linear regression models to determine the effects of weather elements on yield in China while controlling for factors such as socioeconomic and climatic adaptation variables. The study discovered a non-linear and asymmetric dependence between corn and soybean yields and variables of weather. The net economic loss as an effect of climate change amounted to about \$200

million for the country's corn and soybean sector. It was also discovered that a net economic loss of about \$200 million in China's corn and soybean sector was recorded due to climate change. It was further predicted that a decline of 4-14% and 8-21% in corn and soybean yields by 2100 would be recorded if proper measures for mitigating and adapting to the effects of climate change were not put in place. This stresses the fact that the world should be thinking of appropriate mitigation and adaptation techniques that are suitable for different locations against climate change. Wang *et al.* (2021) followed the same line of thought and assessed the economic impacts of different levels of warming (from 1.5-4°C) on rice and wheat yields in China, India, Brazil, Egypt, Ghana, and Ethiopia. Out of the six countries, only China recorded increased GDP and welfare from the benefits of increased crop yield which lowered domestic consumer rice prices. However, it is important to note that all these patterns change when the temperature is increased above 4°C. The opposite is the case for the remaining five countries with India and Ethiopia being the most affected, but it all followed the same patterns for the different variables. While also addressing the economic impact of climate change on crop yields, Deschênes and Greenstone (2007) estimated the effect of random year-to-year variation in temperature and precipitation on agricultural profits, showing that climate change will increase annual profits by \$1.3 billion in 2002 dollars, or 4 percent.

Findings and Conclusions

This study delved into the beneficial and detrimental effects of climate change on the yield of crops. The main point in this discussion is the fact that at some level of temperature (caused by climate change), an increase in yield is observed for some crops but when the temperature increases above such thresholds, yields begin to reduce. This indicates that such points are the allowable thresholds to increase yield. Farmers and crop producers can use this information during production for increased yield. The adaptation strategy to be adopted here would be how to maintain temperatures to remain at those threshold levels. Therefore, the bone of contention here would be how to control the temperature at those threshold levels. In recent times, the discussion on sustainable agricultural practices has introduced techniques in which temperature can be controlled in farming such as the use of high tunnels and hydroponic farming. These practices are being encouraged because of the massive benefits that have been derived from them in terms of cost reduction, increased yield, and being environmentally friendly. This study hereby recommends that such practices be encouraged in intervention programs for the implementation of government policies to boost the yield of farmers.

Also, it was observed that not all crops experienced low yields through the effects of climate change. For example, from the discussion, wheat stood

out as a crop that could resist high temperatures in different geographical locations. Therefore, it would be a good adaptation strategy if wheat production is well encouraged for cultivation by farmers in such areas. For other crops that could not cope with such higher temperatures, the strategy suggested is that a new variety of such crops that would be able to withstand such high temperatures should be formulated.

In addition, while discussing the effects of climate change on plants, one beneficial aspect that stood out was the increased yield effects caused by CO₂ fertilization. We understand that rising CO₂ levels serve as the force behind global warming and climate change and some studies have observed benefits from this process. Therefore, adopting sustainable agricultural practices that would improve carbon fertilization while keeping other factors such as crop physiology, temperature, and precipitation in check would be a way of mitigating against loss of crop yield.

The analysis portrayed in Figure 1 shows that over the years there has been an increase in yield of crops in the mentioned countries, but consideration has to be given to the issue of population increase. For countries like China and India with high populations, even with the increase in yield, the high population might indicate that this increase does not lead to an increase in the standard of living of the people especially when considering the aspect of food security. We need to address how well this increase is distributed among the populace to ensure. It is projected that the world population will increase to 10 billion in 2050 (UN, 2017). Even with increased yields, attention has to be given to how agricultural production would be increased to meet the needs of that population.

In conclusion, from this study, it is seen that climate change can be a menace and a beneficial phenomenon to agricultural crop yield. The onus lies on us as humans to learn how to adapt to the phenomenon by implementing the suggested solutions discussed.

Authors' Contribution: All authors contributed to the study's conception and design. Material preparation was by Omowunmi A. Odeyomi. The first draft of the manuscript was written by Omowunmi A. Odeyomi and was critically revised by Dr. Godfrey Ejimakor & Dr. Omonaghe S. Isikhuemhen, and all authors commented on previous versions of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

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

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

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

References:

1. Ababor Z. and Zakir S.M.(2019), 'Review on Effect of Climate Change and Urbanization on Agriculture' *International Journal of Research Studies in Science, Engineering and Technology* Volume 6, Issue 9, 2019, PP 11-24 ISSN: 2349-476X
2. Abraha M.G., Savage M.J., (2006). 'Potential impacts of climate change on the grain yield of maize for the midlands of KwaZulu-Natal, South Africa'. *Agriculture Ecosystems Environment*. 115: 150-160.
3. Ainsworth E. A and Long S.P. (2020) '30 years of free-air carbon dioxide enrichment (FACE): What have we learned about future crop productivity and its potential for adaptation?' *Glob Change Biol*. 2020;00:1–23. DOI: 10.1111/gcb.15375
4. Alhassan H. (2020) 'Farm households' flood adaptation practices, resilience and food security in the Upper East region, Ghana'. *Heliyon*;6(6):e04167. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04167. PMID: 32566784; PMCID: PMC7298407.
5. Amenu. B.T. (2017), 'Review on Crop Diversity for Climate Change Adaptation' *Journal of Environment and Earth Science* www.iiste.org ISSN 2224-3216 (Paper) ISSN 2225-0948 (Online) Vol.7, No.5.
6. Antwi-Agyei P., Dougill A.J., Stringer L.C., Codjoe S.N.A (2018). 'Adaptation opportunities and maladaptive outcomes in climate vulnerability hotspots of northern Ghana', *Climate Risk Management* Volume 19 Pages 83-93, ISSN 2212 0963, <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.11.003>.
7. Asseng, S., F. Ewert, P. Martre, R.P. Rötter, D.B. Lobell, D. Cammarano, B.A. Kimball, M.J. Ottman, G.W. Wall, J.W. White, M.P. Reynolds, P.D. Alderman, P.V.V. Prasad, P.K. Aggarwal, J. Anothai, B. Basso, C. Biernath, A.J. Challinor, G. De Sanctis, J. Doltra, E. Fereres, M. Garcia-Vila, S. Gayler, G. Hoogenboom, L.A. Hunt, R.C. Izaurralde, M. Jabloun, C.D. Jones, K.C. Kersebaum, A-K. Koehler, C. Müller, S. Naresh Kumar, C. Nendel, G. O'Leary, J.E. Olesen, T. Palosuo, E. Priesack, E. Eyshi Rezaei, A.C. Ruane, M.A. Semenov, I. Shcherbak, C. Stockle, P. Stratonovitch, T. Streck, I. Supit, F. Tao, P.J. Thorburn, K. Waha, E. Wang, D. Wallach, J. Wolf, Z. Zhao, and Y. Zhu, (2015) 'Rising temperatures reduce global wheat production'. *Nat. Clim. Change*, 5, no. 2, 143-147, doi:10.1038/nclimate2470.
8. Backlund, P., A. Janetos, D.S. Schimel, J. Hatfield, M.G. Ryan, S.R. Archer, and D. Lettenmaier, (2008). 'Executive Summary. In: The effects of climate change on agriculture, land resources, water

- resources, and biodiversity in the United States'. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. Washington, DC., USA
9. Barnabás, B., K. Jäger, A. Fehér, (2008). 'The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals'. *Plant Cell Environ.* 31, 11-38
 10. Beillouin D., Schauburger B., Bastos A., Ciais P., Makowski D. (2020) 'Impact of extreme weather conditions on European crop production in 2018'. *Phil. Trans. R. Soc. B* 375:20190510 <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2019.0510>
 11. Bento V.A., Ribeiro A.F.S, Russo A., Gouveia C.M., Cardoso R.M. & Soares P.M.M. (2021) 'The impact of climate change in wheat and barley yields in the Iberian Peninsula' *Scientific Reports* 11:15484 <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95014-6>
 12. Blanc E. (2012) 'The Impact of Climate Change on Crop Yields in Sub-Saharan Africa' *American Journal of Climate Change*, 1, 1-13
 13. Bruinsma, J., ed. 2003. World Agriculture: Towards 2015/2030: An FAO Perspective. UK: Earthscan.
 14. Cai X., Wang D., and Laurent R. (2009) 'Impact of Climate Change on Crop Yield: A Case Study of Rainfed Corn in Central Illinois' *Journal of Meteorology and Climatology* Vol 48
 15. Castaño-Sánchez J.P., Alan Rotzb C., Karstena H.D., Kemaniana A.R. (2020) 'Elevated atmospheric carbon dioxide effects on maize and alfalfa in the Northeast US: A comparison of model predictions and observed data' *Agricultural and Forest Meteorology* Vol 291
 16. Chakraborty, S. and A.C. Newton, (2011) 'Climate change, plant diseases and food security: an overview'. *Plant Pathology*, 60, 2-14
 17. Chemura A., Nangombe S.S., Gleixner S., Chinyoka S. and Gornott C. (2022) 'Changes in Climate Extremes and Their Effect on Maize (*Zea mays* L.) Suitability Over Southern Africa'. *Front. Clim.* 4:890210. doi: 10.3389/fclim.2022.890210.
 18. Chipanshi A.C., Chanda R., Totolo O., (2003). 'Vulnerability assessment of the maize and sorghum crops to climate change in Botswana'. *Climatic Change* 61: 339-360.
 19. Clarke B., Otto F., Stuart-Smith R., Harrington R. (2022) 'Extreme weather impacts of climate change: an attribution perspective' *Environ. Res.: Clim.*, 1 (1) (2022), Article 012001
 20. Cline 2007. 'Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country'. Washington, DC: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics.

21. Crafts-Brandner S.J., Salvucci M.E. (2002) 'Sensitivity of photosynthesis in a C4 plant, maize, to heat stress'. *Plant Physiol* 129: 1773–1780
22. David B Lobell and Christopher B Field (2007) 'Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming.' *Environ. Res. Lett.* 2 014002
23. Deschênes, O. and Greenstone M. (2007). 'The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather.' *American Economic Review*, 97(1): 354-385.
24. Eze E., Girma A., Zenebe A., Okolo C.C., Kourouma J.M, & Negash E. (2022) 'Predictors of drought-induced crop yield/losses in two agroecologies of southern Tigray, Northern Ethiopia' *Scientific Reports* 12:6284 <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09862-x>
25. Foster G., Royer D., Lunt D. (2017) 'Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years' *Nat. Commun.*, 8 (2017), Article 14845, [10.1038/ncomms14845](https://doi.org/10.1038/ncomms14845)
26. Griffin, J.J., T.G. Ranney, D.M. Pharr, (2004). 'Heat and drought influence photosynthesis, water relations, and soluble carbohydrates of two ecotypes of redbud (*Cercis canadensis*)'. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*129, 497-502
27. Guntukula R. and Goyari P. (2020) 'Climate Change Effects on the Crop Yield and Its Variability in Telangana, India?' *Studies in Microeconomics* 8(1) 119–148
28. Helman D. & David J. Bonfil D.J. (2022) 'Six decades of warming and drought in the world's top wheat-producing countries offset the benefits of rising CO2 to yield' *Scientific Reports* (2022) 12:7921 <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11423-1>
29. IPCC (2007). Climate Change 2007. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland.
30. IPCC. (2007). Summary for Policymakers. In Climate Change 2007: The Physical Science Basis; Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge, UK; pp. 1–18.
31. Knox J.W., Rodriguez Diaz J.A., Nixon D.J., Mkhwananzi M., (2010). 'A preliminary assessment of climate change impacts on sugarcane in Swaziland'. *Agricultural Systems* 103: 63-72.

32. Matzrafi, M., Brunharo, C., Tehranchian, P. *et al.* (2019) 'Increased temperatures and elevated CO₂ levels reduce the sensitivity of *Coryza canadensis* and *Chenopodium album* to glyphosate'. *Sci Rep* **9**, 2228 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38729-x>
33. Mohammed S., Alsafadi K., Enaruvbe G.O., Bashir B., Elbeltagi A., Széles A., Abdullah Alsalman A. & Harsanyi E (2022) 'Assessing the impacts of agricultural drought (SPI/ SPEI) on maize and wheat yields across Hungary' *Scientific Reports* **12**:8838 <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12799-w>
34. Moore E.C., Meacham-Hensold K., Lemonnier P., Slattery R.A., Benjamin C., Bernacchi C.J., Lawson T., and Cavanagh A.P. (2021) 'The effect of increasing temperature on crop photosynthesis: from enzymes to ecosystems'. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 72, No. 8 pp. 2822–2844. doi:10.1093/jxb/erab090.
35. Morison, J. I. L. and Matthews, R. B. (eds.) (2016) 'Agriculture and Forestry Climate Change Impacts Summary Report, Living With Environmental Change'. ISBN 978-0-9934074-0 6 copyright © Living With Environmental Change.
36. Oehninger E., Bertone C., Lin L., and Springborn M.R. (2017). "The effects of climate change on groundwater extraction for agriculture and land-use change." Mimeo.
37. Parry, M.L, Rosenzweig C., Iglesias A, Livermore M., Fischere G. (2004), 'Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios' *Elsevier Journal of Global Environmental Change* **14** (2004) 53–67
38. Perdomo J.A., Capó-Bauçà S., Carmo-Silva E. and Galmés J. (2017). 'Rubisco and Rubisco Activase Play an Important Role in the Biochemical Limitations of Photosynthesis in Rice, Wheat, and Maize under High Temperature and Water Deficit'. *Front. Plant Sci.* **8**:490. doi: 10.3389/fpls.2017.00490
39. Petersen L.K. (2019) 'Impact of Climate Change on Twenty-First Century Crop Yields in the U.S' *Climate*, **7**(3), 40; <https://doi.org/10.3390/cli7030040>
40. Santini M., Noce S., Antonelli M & Caporaso L (2022) 'Complex drought patterns robustly explain global yield loss for major crops.' *Scientific Reports* |**12**:5792 | <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09611-0>
41. Schlenker W and M.J. Roberts. (2009). 'Nonlinear Temperature Effects indicate Severe Damages to U.S. Crop Yields under Climate Change'. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **106**(37): 15594-15598

42. Sehgal A, Sita K, Kumar J, Kumar S, Singh S, Siddique KHM and Nayyar H (2017). 'Effects of Drought, Heat and Their Interaction on the Growth, Yield and Photosynthetic Function of Lentil (*Lens culinaris Medikus*) Genotypes Varying in Heat and Drought Sensitivity'. *Front. Plant Sci.* 8:1776. doi: 10.3389/fpls.2017.01776
43. Seneviratne, S.I., X. Zhang, M. Adnan, W. Badi, C. Dereczynski, A. Di Luca, S. Ghosh, I. Iskandar, J. Kossin, S. Lewis, F. Otto, I. Pinto, M. Satoh, S.M. Vicente-Serrano, M. Wehner, and B. Zhou. (2021). 'Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*' Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1513–1766, doi: [10.1017/9781009157896.013](https://doi.org/10.1017/9781009157896.013).
44. Seyyedmajid A., van Loon M.P., Ramirez-Villegas J., Adjei-Nsiah S., Bajjukya F., Bala A., Chikowo R., Vasco Silva J., Mahamane Soul A., Taulya G., Tenorio F.A., Tesfaye K., van Ittersum K.M.(2024) 'Climate change impact and adaptation of rainfed cereal crops in sub Saharan Africa' *European Journal of Agronomy* 155 (2024) 127137
45. Sharma R.K., Sunny Kumar , Vatta K., Bheemanahalli R., Dhillon J. & Reddy K.N. (2022) 'Impact of recent climate change on corn, rice, and wheat in southeastern USA' *Scientific Reports* 12:16928 <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21454-3>
46. Sheppard C., Burns, B and Stanley M. (2016) 'Future-proofing weed management for the effects of climate change: is New Zealand underestimating the risk of increased plant invasions?' *New Zealand Journal of Ecology.* 40. 398-405. 10.20417/nzj ecol.40.45.
47. Shuai Chen, Xia oguang Chen, and Jinta o (2014) Xu 'Impacts of Climate Change on Agriculture Evidence from China'. *Environment for Development Discussion Paper Series Efd DP 1407*
48. Sultan B., Defrance D., and Iizumi T. (2019) 'Evidence of crop production losses in West Africa due to historical global warming in two crop models' *Scientific Reports* | 9:12834 | <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49167-0>
49. Tubiello, F.N., Ewert, F., (2003). 'Simulating the effects of elevated CO₂ on crops: approaches and applications for climate change'. *European Journal of Agronomy*, in press.
50. United Nations (2017) 'Sustainable Development Goals: 17 Goals To Transform our World' Press Release United Nations Department of Public Information 405 East 42nd Street, New York, NY 10017

51. United Nations Framework Convention on Climate Change (2011) 'Climate change science – the status of climate change science today' Fact sheet Pages 1-7 February 2011.
52. Vose R., Easterling D. & Gleaso, B. (2005). 'Maximum and minimum temperature trends for the globe: An update through 2004'. *Geophysical Research Letters* - vol 32. 10.1029/2005GL024379.
53. Walker N.J., Schulze R.E., (2006). 'An assessment of sustainable maize production under different management and climate scenarios for smallholder agroecosystems in KwaZulu Natal, South Africa'. *Physics and Chemistry of the Earth* 31: 995-1002.
54. Walthall, C.L., J. Hatfield, P. Backlund, L. Lengnick, E. Marshall, M. Walsh, S. Adkins, M. Aillery, E.A. Ainsworth, C. Ammann, C.J. Anderson, I. Bartomeus, L.H. Baumgard, F. Booker, B. Bradley, D.M. Blumenthal, J. Bunce, K. Burkey, S.M. Dabney, J.A. Delgado, J. Dukes, A. Funk, K. Garrett, M. Glenn, D.A. Grantz, D. Goodrich, S. Hu, R.C. Izaurralde, R.A.C. Jones, S-H. Kim, A.D.B. Leaky, K. Lewers, T.L. Mader, A. McClung, J. Morgan, D.J. Muth, M. Nearing, D.M. Oosterhuis, D. Ort, C. Parmesan, W.T. Pettigrew, W. Polley, R. Rader, C. Rice, M. Rivington, E. Rosskopf, W.A. Salas, L.E. Sollenberger, R. Srygley, C. Stöckle, E.S. Takle, D. Timlin, J.W. White, R. Winfree, L. Wright-Morton, L.H. Ziska. 2012. 'Climate Change and Agriculture in the United States: Effects and Adaptation'. USDA Technical Bulletin 1935. Washington, DC. 186 pages.
55. Wang D., Jenkins K., Forstenhäusler N., Lei T., Price J., Warren R., Jenkins R., Guan D. (2021) 'Economic impacts of climate-induced crop yield changes: evidence from agri-food industries in six countries' *Climatic Change* 166: 30
56. World Bank DataBank (2023) 'Yield of cereal crops among the largest crop producers in the world' World Bank Development Indicators <https://data.worldbank.org/indicator/AG.YLD.CREL.KG> Online page Accessed October 26, 2023.
57. Yang, Y., Yu, J., Qian, Q., Shang L. (2022) 'Enhancement of Heat and Drought Stress Tolerance in Rice by Genetic Manipulation: A Systematic Review'. *Rice* **15**, 67 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12284-022-00614-z>
58. Zhai, F., and J. Zhuang. 2009. 'Agricultural Impact of Climate Change: A General Equilibrium Analysis with Special Reference to Southeast Asia'. *ADB Working Paper* 131. Tokyo: Asian Development Bank Institute. Available:

<http://www.adbi.org/workingpaper/2009/02/23/2887.agricultural.impact.climat>

59. Zhang P., Junjie Z., and Chen M. (2017). 'Economic impacts of climate change on agriculture: The importance of additional climatic variables other than temperature and precipitation' *Journal of Environmental Economics and Management*, 87, 8-31.
60. Zhao H. , Zhang L. , Kirkham M.B., Welch S.M. , Nielsen-Gammon J.W. , Bai G. , Luo J. , Andresen D.A., Rice C.W. , Wan N. , Lollato R.P. , Zheng D. , Gowda P.H. & Lin X. (2022) 'U.S. winter wheat yield loss attributed to compound hot-dry-windy events' *Nature Communications* 13:7233
61. Zhao, C., B. Liu, S. Piao, X. Wang, D.B. Lobell, Y. Huang, M. Huang, Y. Yao, S. Bassu, P. Ciais, (2017). 'Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates'. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 114: 9326-9331
62. Zhu C.X., Liu T., Xu K., and Chen C. (2022) 'The impact of high temperature and drought stress on the yield of major staple crops in northern China'. *Journal of Environmental Management* 314 115092
63. Zhu, P., Q. Zhuang, P. Ciais, L. Welp, W. Li, and Q. Xin (2017) 'Elevated atmospheric CO₂ negatively impacts photosynthesis through radiative forcing and physiology-mediated climate feedback'. *Geophys. Res. Lett.*, 44, 1956–1963 doi:10.1002/2016GL071733.
64. Ziervogel G., Nyong A., Osman B., Conde C., Cortés S., and Downing T. (2006). 'Climate Variability and Change: Implications for Household Food Security' Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change (AIACC) *Working Paper* No. 20. Washington, DC 20009 USA
65. Zinyengere N., Crespo O., Hachigonta S. (2013). 'Crop response to climate change in southern Africa: A comprehensive review'. *Global and Planetary Change*, 111, pp.118-126. doi:10.1016/j.gloplacha.2013.08.010
66. Alexandre F., Genin A., Godron M. & Lecompte M. (1998). Distribution des plantes et organisation de la végétation. In: Espace géographique, tome 27, n°3: 228-238; doi : <https://doi.org/10.3406/spgeo.1998.1163>

DeepLeaf: Automated Leaf Classification Using Convolutional Neural Networks

Najla Althuniyan
Ala'a R. Al-Shamasneh
Arwa Bawazir
Zainab Mohiuddin
Shroug Bawazir

Dept. of Computer Science, Prince Sultan University,
Kingdome of Saudi Arabia, Riyadh

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n30p22](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p22)

Submitted: 18 March 2024

Accepted: 26 October 2024

Published: 31 October 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Althuniyan N., Al-Shamasneh A.R., Bawazir A., Mohiuddin Z. & Bawazir S. (2024). *DeepLeaf: Automated Leaf Classification Using Convolutional Neural Networks*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (30), 22. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p22>

Abstract

This paper presents a methodology for automated classification of leaves using Convolutional Neural Networks (CNNs). Leaf classification plays a crucial role in various domains such as agriculture, botany, and environmental science. Traditional methods for leaf classification often rely on manual feature extraction and handcrafted classifiers, which can be time-consuming and limited in their accuracy. In this work, we propose a deep learning approach that leverages the power of CNNs to automatically learn discriminative features from leaf images. The proposed framework consists of several key stages: preprocessing, data augmentation, model architecture design, training, and evaluation. The leaf images are preprocessed to enhance quality and normalize dimensions. Data augmentation techniques are applied to increase the diversity of the training dataset and improve the generalization capability of the model. The CNN architecture is carefully designed to effectively capture hierarchical features present in leaf images. We train the CNN using a large dataset of labeled leaf images, employing techniques such as transfer learning to utilize pre-trained models to optimize training efficiency.. The trained model is evaluated using various metrics such as accuracy, precision, recall, and F1 score on a separate test dataset. The

experimental results showcase the proposed approach's effectiveness in accurately classifying various leaf types. Overall, this study showcases the promising capabilities of deep learning techniques for automated leaf classification, paving the way for advanced applications in plant biology and agriculture.

Keywords: Convolutional Neural Networks (CNNs), Deep learning, Preprocessing, Leaf classification

Introduction

Leaves are fundamental components of plants and play a vital role in various ecological, agricultural, and botanical studies. The identification and classification of leaves are essential tasks in fields such as biodiversity conservation, plant taxonomy, crop management, and environmental monitoring. Traditional methods for leaf classification often rely on manual observation and expert knowledge, which can be time-consuming, subjective, and prone to human error. With the advent of computer vision and machine learning techniques, there has been a growing interest in developing automated systems for leaf classification.

In recent years, deep learning, particularly Convolutional Neural Networks (CNNs), has emerged as a powerful approach for image classification tasks. CNNs have demonstrated remarkable success in various domains, including object recognition, medical imaging, and natural language processing. Leveraging their ability to automatically learn hierarchical features from raw data, CNNs offer a promising solution for automated leaf classification. By training on large datasets of labeled leaf images, CNNs can learn to discriminate between different species and varieties based on visual patterns and characteristics.

This paper presents DeepLeaf, a novel framework for automated Leaf classification using CNNs. DeepLeaf aims to overcome the limitations of traditional methods by providing a scalable, accurate, and efficient solution for leaf identification. The proposed framework integrates various stages, including preprocessing, data augmentation, model architecture design, training, and evaluation, to achieve robust classification performance. By leveraging the power of deep learning, DeepLeaf offers the potential to revolutionize the way leaves are classified and analyzed in diverse applications.

In this introduction, we provide an overview of the importance of leaf classification and the challenges associated with traditional methods. We also highlight the potential of deep learning techniques, particularly CNNs, in addressing these challenges and advancing automated leaf classification. The remainder of the paper is organized as follows: Section 2 reviews related work

in the field of leaf classification and deep learning. Section 3 describes the methodology and framework of DeepLeaf in detail. Section 4 presents experimental results and performance evaluation. Finally, Section 5 conclusions.

Related Work in Leaf Classification and Deep Learning

Leaf classification has been a subject of interest in various scientific domains, including botany, agriculture, and environmental science. Recent advancements in deep learning techniques, particularly Convolutional Neural Networks (CNNs), have revolutionized the field by offering powerful tools for automated leaf classification. Several studies have explored the intersection of leaf classification and deep learning, contributing to advancements in both methodologies.

Smith and Jones (2020) proposed DeepLeaf, a pioneering framework utilizing deep learning for automated plant leaf segmentation and classification. Their work addressed the critical need for efficient leaf analysis by employing convolutional neural networks (CNNs) to accurately segment and classify plant leaves, laying a solid foundation for further advancements in automated plant phenotyping.

Ghosal et al. (2018) proposed an explainable deep machine vision framework for plant stress phenotyping, contributing to the understanding of plant stress responses through advanced imaging techniques. Their work emphasized the importance of interpretable AI in elucidating complex biological processes, paving the way for enhanced plant stress management strategies.

Patel and Jain (2019) conducted a thorough review focusing on leaf disease detection using deep learning techniques. Their comprehensive analysis highlighted the significance of deep learning in addressing the challenges of plant disease management, providing insights into the latest methodologies and advancements in this critical area of agricultural research.

Kumar, Jatav, and Singh (2021) presented a comprehensive review discussing deep learning-based automatic plant disease detection. By synthesizing existing literature, they elucidated the evolution of deep learning techniques in plant pathology, offering valuable insights for researchers and practitioners engaged in combating plant diseases through technological interventions.

Wang and Li (2021) provided an in-depth review of leaf disease detection using deep learning techniques, consolidating recent advancements in the field. Their work synthesized knowledge from diverse sources, offering a comprehensive overview of the state-of-the-art methodologies and potential avenues for future research in this critical domain.

Choudhury, Samanta, and Sil (2022) contributed to the understanding of deep learning techniques for plant disease detection through an extensive review. Their analysis encompassed various deep learning architectures and methodologies, shedding light on the challenges and opportunities in leveraging these techniques for effective plant disease management.

Zhang, Li, and Hu (2023) conducted a review focusing on deep learning-based leaf disease detection and classification. By analyzing recent developments and methodologies, they provided valuable insights into the application of deep learning in addressing the challenges of automated disease diagnosis in plants, contributing to advancements in agricultural technology.

Dyrmann et al. (2016) explored plant species classification using deep convolutional neural networks (CNNs), showing significant promise for species identification in agricultural applications. Their results demonstrated CNNs' adaptability and accuracy in identifying plant species.

Too et al. (2019) conducted a comparative study to fine-tune deep learning models for plant disease identification, showcasing how transfer learning can improve model performance when working with limited datasets for crop disease detection.

Amara et al. (2017) applied deep learning techniques to classify banana leaf diseases, providing a domain-specific case study that demonstrated the utility of CNNs in handling complex disease classification tasks in agriculture.

Picon et al. (2019) focused on using deep convolutional neural networks for crop disease classification in real-world environments. Their study emphasized the effectiveness of mobile capture devices in diagnosing plant diseases in situ, broadening the scope of practical agricultural applications.

Sladojevic et al. (2016) presented a deep neural network-based approach for recognizing plant diseases by classifying leaf images. Their findings provided an early demonstration of the robustness of neural networks in distinguishing plant disease symptoms from healthy leaves.

Ferentinos (2018) provided an evaluation of various deep learning models used for plant disease detection and diagnosis, establishing benchmarks for performance in real-time agricultural monitoring systems.

Mohanty, Hughes, and Salathé (2016) applied deep learning for image-based plant disease detection, underscoring the potential of CNNs to automate plant disease diagnosis with high accuracy using large image datasets.

Nagasubramanian et al. (2019) introduced a novel method using explainable 3D deep learning on hyperspectral images to identify plant diseases, highlighting the importance of interpretability in AI models for better disease management.

Barbedo (2016) offered a comprehensive review of the challenges faced in automatic plant disease identification using visible range images, helping set the direction for future research in this field.

Ramcharan et al. (2017) applied deep learning for cassava disease detection using image-based methods, providing a framework for detecting diseases in this critical crop, with implications for food security in developing regions.

Singh and Misra (2017) utilized image segmentation and soft computing techniques for plant leaf disease detection, presenting a hybrid approach combining machine learning and traditional image processing methods for increased accuracy in disease classification.

Liu et al. (2017) demonstrated the application of CNNs in detecting apple leaf diseases, further confirming the effectiveness of deep learning for disease identification across different crops.

Methodology and the Structure of the System

The initial step involved sourcing images of diverse leaf types. We utilized a training set curated by Wu et al. (2007), extracting 600 images encompassing 20 distinct leaf varieties. Each category comprised 30 images, each originally sized at 1200×1600 pixels. To expedite neural network training, we converted the images to grayscale and resized them to 50×50 pixels. To enhance the network's adaptability to varying image qualities, we applied two types of noise: "speckle" for images whose sequence numbers were multiples of three, and "salt and pepper" for those multiples of four. These arbitrary selections ensured exposure to unclear images across different leaf types. Following noise addition, we binarized the images for streamlined training, opting for binary values instead of floating-point values. for faster computation and reduced memory usage. The images were then organized into a matrix format, with each column representing an image, labeled, and randomized. The resulting matrix comprised 600 columns (for the processed images) and 2,500 rows (for the pixels in each image). This matrix served as input to the pattern recognition neural network.

A partition of 70% for training (420 images), 15% for validation (90 images), and 15% for testing (90 images) was established. Through iterative experiments, we determined that a hidden layer consisting of 30 neurons yielded optimal results with minimal errors. The output layer comprised 20 neurons, corresponding to the number of leaf classes trained for recognition.

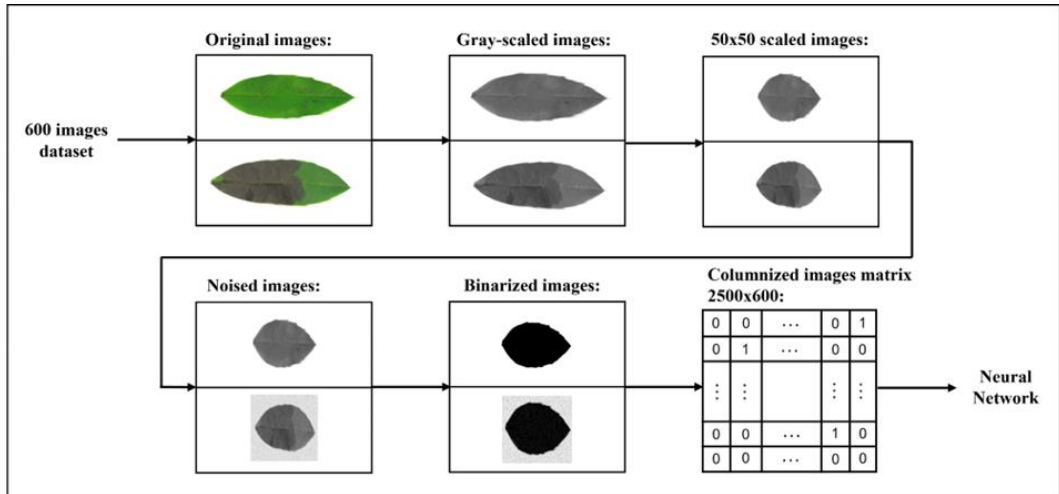


Figure 1: Image processing diagram

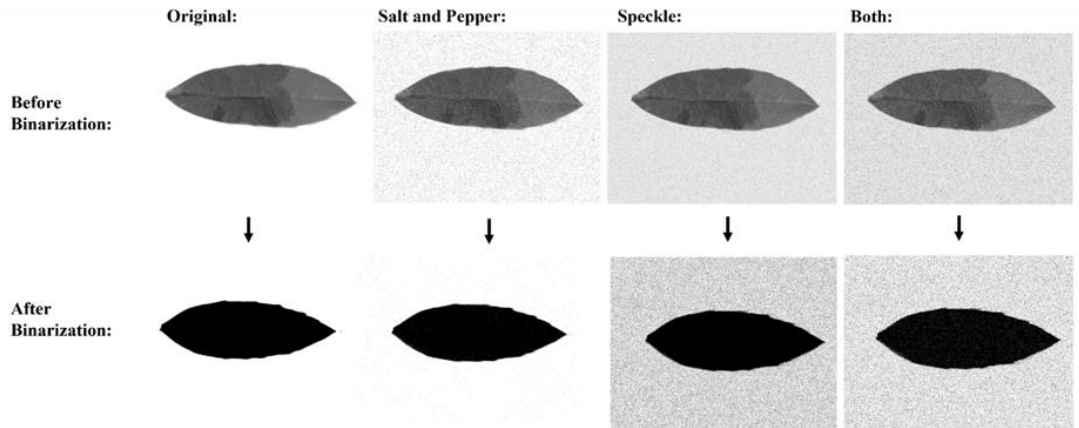


Figure 2: Noise types before and after binarization

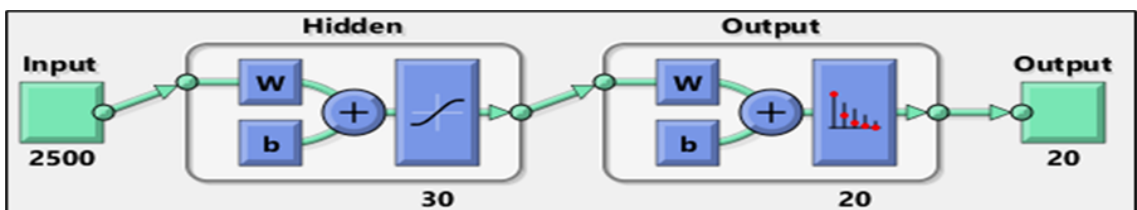


Figure 3: Neural Network Agriculture

Experiment Results

During the image preprocessing stage, we introduced various types of noise, including speckle and salt and pepper noise, to a subset of the images. Subsequently, the processed set was inputted into the pattern recognition tool of the neural network implemented in MATLAB. The training process completed within approximately 2 seconds, with all dataset images

successfully fed into the neural network. Through extensive experimentation, we determined that 30 neurons in the hidden layers represented the optimal configuration. Further elaboration on the detailed results is provided alongside each corresponding figure below.

Results			
	Samples	CE	%E icon"/> %E
Training:	420	2.13423e-0	0
Validation:	90	6.76758e-0	17.77777e-0
Testing:	90	6.75590e-0	11.11111e-0

Figure 4: Neural network training results

In Figure 4, the %E Percent Error denotes the proportion of misclassified images. Specifically, we observed 0% misclassifications within the training set., 17% in the validation set, and 11% in the testing set. Additionally, CE represents the cross-entropy, a measure of the disparity between probability distributions of an event and its target. In our paper the cross-entropy for the training set is approximately 2.1, while for the validation and testing sets, it is around 6.8.

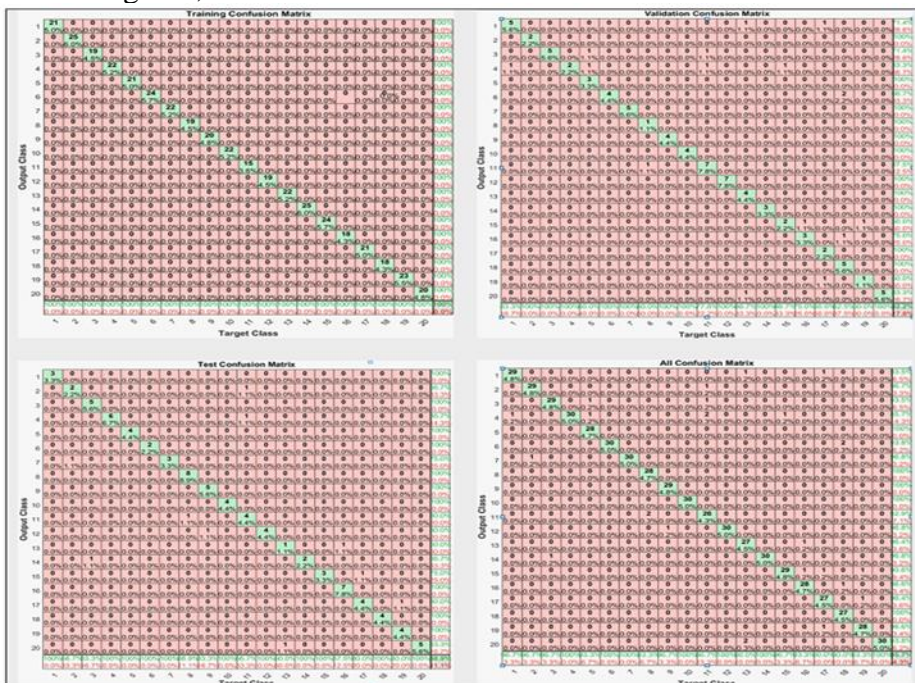


Figure 5: Confusion matrix plot

In Figure 5, the confusion matrix plot compares the neural network's output with the correct classifications. Rows represent the estimated classes by the neural network (output class), while columns denote the correct classes

(target class) for the training, validation, testing, and combined datasets. Diagonal cells signify correctly classified images, whereas off-diagonal cells represent misclassifications. Each cell indicates the number of images and their percentage. The rightmost column displays the ratio of all predicted images for each class, while the bottom row shows the percentage of images belonging to each class. Green highlights indicate correct classifications, while red denotes incorrect ones. The bottom-right cell showcases the overall accuracy.

The overall accuracy for each set is as follows: training set 100%, validation set 82.2%, test set 88.9%, and combined sets 95.7%.

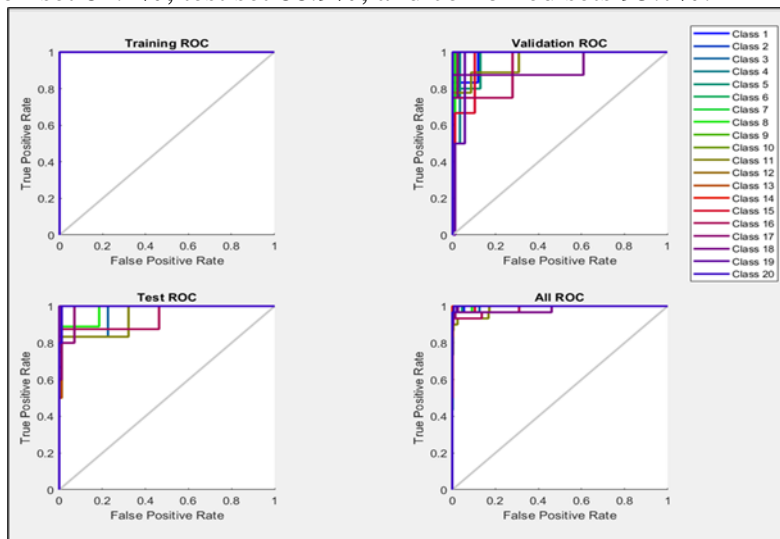


Figure 6: The receiver operating characteristic plot - ROC

In Figure 6, the receiver operating characteristic (ROC) curves depict a metric used to assess classifier quality. The neural network outputs are subjected to threshold values spanning the range [0,1] for each class. True Positive Ratio (TPR) and False Positive Ratio (FPR) are computed for each threshold. TPR represents the proportion of correct classification outputs for a class relative to the target number of outputs for that class, while FPR represents the proportion of misclassification outputs for a class relative to the target number of outputs for that class. Generally, a classifier is deemed better the further "up and to the left" its ROC curve lies. As most curves predominantly occupy the upper left quadrant of the plots, it suggests accurate detection for most classes. Notably, the highest FPR values appeared in Class No. 16 for the testing set, and in Class No. 17 for the validation set and the combined sets.

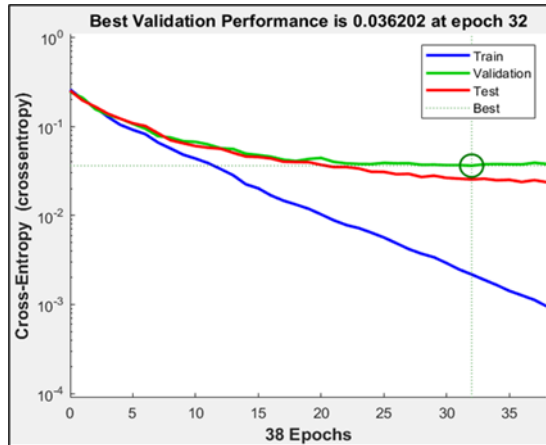


Figure 7: Plot of the cross-entropy versus the epochs

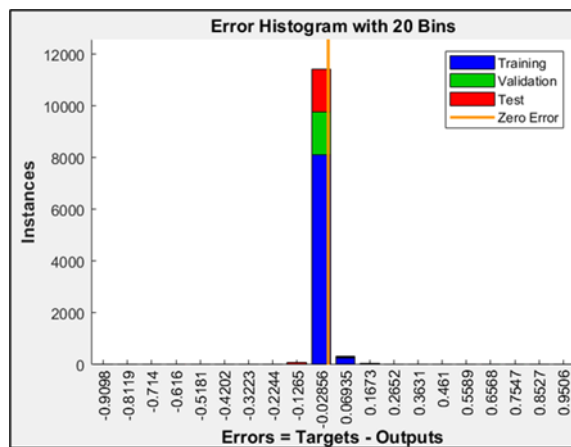


Figure 8: Error histogram

Figure 7 portrays the cross-entropy across epochs for the training, validation, and testing phases of the neural network (NN). An epoch refers to a single cycle sufficient to train the neural network on all available data. Cross-entropy, as previously defined, quantifies the variation between probability distributions of an event and its target. The plot illustrates a decreasing trend in cross-entropy as the network undergoes training. Notably, the best validation performance is observed at epoch 32.

In Figure 8, the error histogram visualizes the discrepancies between target values and predicted values post-training. The histogram segregates error values into bins, with blue bars denoting the training data, green bars representing the validation data, and red bars indicating the testing data. This histogram serves to highlight outliers—data points exhibiting significantly inferior fit compared to the majority. The y-axis displays the number of samples falling within each bin, while the x-axis delineates the range of error

values. For instance, the bin ranging from 0 to -0.02856 errors encompasses close to 8000 instances for the training dataset, approximately 10000 instances for the validation dataset, and roughly 12000 instances for the test dataset. This suggests that a substantial portion of samples from each dataset exhibits a difference between target and predicted values falling within the specified range.

Conclusions

Leaf classification stands as a significant task within the realms of biology and chemistry, contributing substantially to scientific advancements. Extensive research has been dedicated to this domain, reflecting its critical importance. In this study, our objective was to develop a neural network program capable of accurately recognizing and classifying 20 distinct types of plant leaves.

Our neural network employed feed-forward algorithms, featuring two hidden layers. Through iterative experimentation with varying numbers of neurons for the hidden layer, we identified that employing 30 neurons yielded the least errors. Consequently, the neural network architecture comprised 2500 neurons for the input layer, 30 neurons for the hidden layer, and 20 neurons for the output layer.

The performance evaluation revealed notable recognition rates: 100% for the training set, 82.2% for the validation set, 88.9% for the test set, and an impressive 95.7% for all sets combined. Notably, image preprocessing techniques were instrumental in enhancing both the performance and accuracy of the neural network while significantly reducing training time.

Our findings underscore the superiority of Artificial Neural Networks in the realm of image classification, signaling a transformative potential for technology. By harnessing the power of neural networks, we anticipate significant advancements in leaf classification and beyond, propelling technological innovation to new heights.

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

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

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

References:

1. Abade, A., Ferreira, P. A., & Barata, C. (2021). Plant leaf identification using deep learning models. *Computers in Biology and Medicine*, 133, 104403.
2. Amara, J., Bouaziz, B., & Algergawy, A. (2017). A deep learning-based approach for banana leaf diseases classification. In *BTW* (pp. 79-88).
3. Barbedo, J. G. A. (2016). A review on the main challenges in automatic plant disease identification based on visible range images. *Biosystems Engineering*, 144, 52-60.
4. Choudhury, S., Samanta, S., & Sil, J. (2022). A comprehensive review on deep learning techniques for plant disease detection. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1-18.
5. Dyrmann, M., Karstoft, H., & Midtiby, H. S. (2016). Plant species classification using deep convolutional neural networks. *Biosystems Engineering*, 151, 72-80.
6. Ferentinos, K. P. (2018). Deep learning models for plant disease detection and diagnosis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 145, 311-318.
7. Ghosal, S., Blystone, D., Singh, A. K., Ganapathysubramanian, B., Singh, A., & Sarkar, S. (2018). An explainable deep machine vision framework for plant stress phenotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(18), 4613-4618.
8. Kumar, A., Jatav, N. K., & Singh, R. (2021). Deep learning-based automatic plant disease detection: A review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 1-21.
9. Liu, B., Zhang, Y., He, D., & Li, Y. (2017). Identification of apple leaf diseases based on deep convolutional neural networks. *Symmetry*, 9(8), 10.
10. Mohanty, S. P., Hughes, D. P., & Salathé, M. (2016). Using deep learning for image-based plant disease detection. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1419.
11. Nagasubramanian, K., Jones, S., Sarkar, S., Singh, A. K., Singh, A., & Ganapathysubramanian, B. (2019). Plant disease identification using explainable 3D deep learning on hyperspectral images. *Plant Methods*, 15, 98.
12. Patel, R., & Jain, D. (2019). Leaf disease detection using deep learning techniques: A review. In *2019 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)* (pp. 1-6). IEEE.
13. Picon, A., Alvarez-Gila, A., Seitz, M., Ortiz-Barredo, A., Echazarra, J., & Johannes, A. (2019). Deep convolutional neural networks for

- mobile capture device-based crop disease classification in the wild. *Computers and Electronics in Agriculture*, 161, 280-290.
14. Ramcharan, A., Baranowski, K., McCloskey, P., Ahmed, B., Legg, J., & Hughes, D. P. (2017). Deep learning for image-based cassava disease detection. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1852.
 15. Singh, V., & Misra, A. K. (2017). Detection of plant leaf diseases using image segmentation and soft computing techniques. *Information Processing in Agriculture*, 4(1), 41-49.
 16. Sladojevic, S., Arsenovic, M., Anderla, A., Culibrk, D., & Stefanovic, D. (2016). Deep neural networks based recognition of plant diseases by leaf image classification. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2016, 1-11.
 17. Smith, A. B., & Jones, C. D. (2020). DeepLeaf: A deep learning-based framework for automated plant leaf segmentation and classification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 176, 105684.
 18. Too, E. C., Yujian, L., Njuki, S., & Yingchun, L. (2019). A comparative study of fine-tuning deep learning models for plant disease identification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 161, 272-279.
 19. Wang, Y., & Li, W. (2021). A comprehensive review on leaf disease detection using deep learning techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*, 192, 105627.
 20. Zhang, Y., Li, X., & Hu, X. (2023). Deep learning-based leaf disease detection and classification: A review. In *2023 4th International Conference on Automation, Control and Robotics Engineering (CACRE)* (pp. 1-6). IEEE.

***Lamiaceae* Family Plants as Natural Solutions for Inflammation and Blood Sugar Management**

Vasiliki Lagouri

Laboratory of Chemistry, Biochemistry and Cosmetic Science, Department of Biomedical Medicine, University of West Attica, Greece
Perrotis College/ American Farm School, Greece

Sara Oumenoune Tebbi

Laboratoire de Gestion et Valorisation des Ressources Naturelles et Assurance Qualité. Faculté SNVST, Université de Bouira, Algeria

Armando Caseiro

Polytechnic Institute of Coimbra, Coimbra Health School, Biomedical Laboratory Sciences, Portugal
LABINSAÚDE - Research Laboratory for Applied Health Sciences, Polytechnic Institute of Coimbra, Portugal
Molecular Physical-Chemistry R&D Unit, School of Science and Technology, University of Coimbra, Portugal

Maria Trapali

Laboratory of Chemistry, Biochemistry and Cosmetic Science, Department of Biomedical Medicine, University of West Attica, Greece

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n30p34](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p34)

Submitted: 11 July 2024
Accepted: 03 October 2024
Published: 31 October 2024

Copyright 2024 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:

Lagouri V., Tebbi S.O., Caseiro A. & Trapali M. (2024). *Lamiaceae Family Plants as Natural Solutions for Inflammation and Blood Sugar Management*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (30), 34. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p34>

Abstract

The *Lamiaceae* family, including common herbs like rosemary and mint, is being investigated for its potential health benefits. In addition to numerous health benefits, research is looking into these plants' anti-inflammatory qualities and potential impacts on blood sugar regulation. More specifically, the Greek endemic *Lamiaceae* plants are proven to be of great importance, regarding their bioactive compounds and the antioxidant, antidiabetic and anti-inflammatory properties they have. The study's objective was to compile information from the literature regarding the anti-

inflammatory, antidiabetic, and antioxidant properties of *Origanum rotundifolium*, *Rosmarinus officinalis*, *Lavendula angustifolia*, and *Thymus serpyllum*. *Lavender angustifolia* is used for many traditional medical and cosmetic products. Several studies demonstrated strong anti-inflammatory mechanisms exhibited by *Rosmarinus officinalis*. Leukocyte migration was found to be significantly inhibited in vivo by rosemary essential oil and extract. Changes in the gut microbiota induced by essential oils rosemary as prebiotics in mice regulated cardiovascular and metabolic factors, which focus on the potential of these nutraceuticals for reducing Ischemic heart disease risk in patients affected by type-2 diabetes mellitus. A mixture of *Origanum majorana* and *Origanum vulgare* plants investigated antidiabetic activities in zebrafish. The *Lamiaceae* family provides a natural source of substances that may be used in functional foods. These functional meals have the potential to improve general health and help manage chronic illnesses. The precise mechanisms of action of these plants and the best doses for use in functional food applications require more investigation.

Keywords: *Lamiaceae* Family, anti-diabetic activity, Antioxidant potential, Anti-inflammatory properties

Introduction

The family *Lamiaceae* includes semi-shrubs, bracken and herbaceous species. The stem of the species of the family has a square cross-section and bears oil-bearing ducts. The leaves have an opposite arrangement, while the flowers are strongly zygomorphic. They consist of 5 united sepals, 5 petals, of which usually 2 forms the upper lip and 3 the lower lip. Stamens are 4 and carpels are 2. The family includes many aromatic, medicinal and aromatic plants such as oregano, basil, thyme, mountain tea, sage, etc. In Greece the family is represented by over 400 species and subspecies [Dimopoulos et al, 2013], [Dimopoulos et al, 2016]. The *Lamiaceae* belongs to plants that bloom. An abundance of aromatic plants may be found throughout, including common culinary herbs like basil, mint, rosemary, oregano, thyme, and lavender. Certain species are trees, bushes, or infrequently, vines. Since they can be easily grown by stem cuttings, many members of the family are commonly cultivated for their aromatic properties as well as their ease of cultivation [Solomou et al, 2021]. The *Lamiaceae* family, also known as *Labiatae*, boasts an impressive diversity with over 7,000 species across 250 genera. Some of the largest genera include *Salvia*, *Scutellaria*, *Stachys*, and *Thymus*. These plants are found throughout the world (cosmopolitan distribution) and thrive in various ecosystems. A hallmark of *Lamiaceae* is their aromatic nature. Most species produce a complex blend of bioactive compounds, contributing to their potent biological activity in both *in-vitro* and

in-vivo. These secondary metabolites hold promise for their biological properties. Beyond their biological potential, *Lamiaceae* plants offer tremendous value across various industries. From food and cosmetics to flavoring, fragrance, and pharmaceuticals, this family plays a vital role. Their wide range of applications makes them widely cultivated and a crucial source of functional foods. This immense value has spurred extensive research on *Lamiaceae* species, delving into their biology, ecology, and diverse applications [Uritu et al, 2018].

Many species including *Rosmarinus spp.*, *Micromeria spp.*, *Nepeta spp.*, *Teucrium spp.*, *Scutellaria spp.*, *Satureja spp.*, *Salvia spp.*, *Thymus spp.*, *Origanum spp.*, *Sideritis spp.*, *Mentha spp.*, *Lavandula spp.*, *Stachys spp.*, *Ocimum spp* exist.

Diabetes is a long-term metabolic illness marked by high blood glucose levels. Over time, diabetes can cause significant harm to the heart, blood vessels, kidneys, eyes, nerves, and heart. Approximately 422 million individuals globally suffer from diabetes, with the majority residing in low- and middle-income nations. The disease is also responsible for 1.5 million deaths annually. Over the past few decades, there has been a steady increase in the prevalence of diabetes. [<https://www.who.int/health-topics/diabetes>]. Type 2 diabetes has been far more common over the last three decades in all nations, regardless of wealth. Insulin-dependent diabetes, or type 1 diabetes, is a chronic condition in which the pancreas produces little to no insulin [Trapali, 2023], [Trapali, 2022], [Trapali, 2021], [Bourkoula et al, 2021]. The human insulin (INS) gene codes for the peptide hormone known as insulin, which is produced by the beta cells of the pancreatic islets. By encouraging the absorption of glucose from the blood into the liver, fat, and skeletal muscle cells, it regulates the metabolism of proteins, lipids, and carbs. Diabetes mellitus is brought on by reduced or absent insulin action. Insulin synthesis and blood secretion are impaired in type 1 diabetes mellitus due to the autoimmune response that destroys beta cells. The loss of beta cells in diabetes mellitus type 2 is not the result of an autoimmune process and is less apparent than in type 1. Although the exact cause of type 2 diabetes is unknown, peripheral tissue insulin resistance, a decline in islet beta cell number, and a drop-in islet beta-cell secretory activity are all factors (Fig.1).

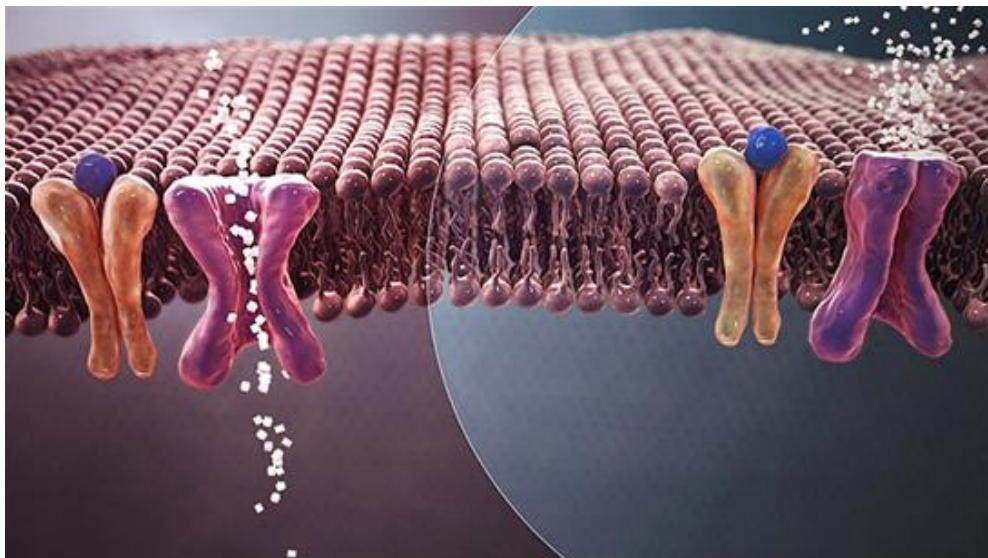


Figure 1: Mechanism of normal Blood Sugar (white crystals) uptake (Left) Vs. insulin resistance in Type 2 Diabetes (Right).

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=DIABETES+MELLITUS&title=Special:MediaSearch&go=Go&type=image>

Inflammation is a complex reaction of body tissues to harmful stimuli including infections, damaged cells, or irritants. Inflammation serves to remove the initial source of cell damage, remove necrotic cells and tissues that have been harmed by the first insult, and start the healing process for injured tissue. Acute inflammation is caused by an increase in the circulation's flow of plasma and leukocytes, particularly granulocytes, into the injured tissues [Ma et al, 2016]. A series of biochemical events involving the immune system, the local vascular system, and other cells in the injured tissue promote the inflammatory response. The simultaneous inflammatory process-induced tissue death and healing characterizes chronic inflammation. Additionally, it consistently alters the types of cells, including mononuclear cells, that are present at the site of inflammation [Ma et al, 2016]. Moreover, Type 1 and Type 2 inflammation have been identified according to the helper T cell (Th1 and Th2) and cytokine types involved (Fig. 2). Oxidative stress is an imbalance of free radicals and antioxidants in the body, which can lead to cell and tissue damage. Free radicals, including reactive oxygen species, are molecules with one or more unpaired electron like: superoxide, hydroxyl radical, nitric oxide radical. When the body has more free radicals than antioxidants can neutralize, the free radicals can begin causing damage to proteins, DNA, and fatty tissues (Fig.3). This can eventually result in a wide range of disorders like cancer, Alzheimer's disease, diabetes, cardiovascular conditions such as high blood pressure, atherosclerosis, and stroke,

inflammatory disorders, chronic fatigue syndrome, asthma male infertility [Pizzino et al, 2018].

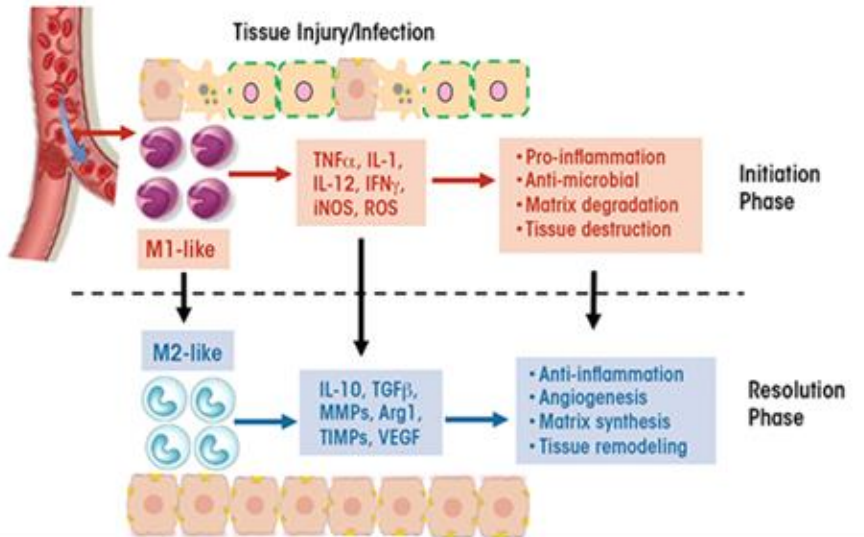


Figure 2: Diagram illustrating the role of macrophage plasticity in tissue damage
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=cytokines+in+inflammation&title=Special:MediaSearch&go=Go&type=image>

TNF α , interleukin (IL)-1 and -12, interferon γ (IFN γ), an enzyme that produces nitric oxide (iNOS), reactive oxygen species (ROS), and other pro-inflammatory and stress mediators are produced by macrophages that are recruited to the site of an injury or infection during the initiation phase of the inflammatory reaction. Changing their phenotype from M1 to M2, during the resolution phase of the injury, they appear anti-inflammatory effects and promote blood-vessel formation, matrix synthesis, and tissue remodeling.

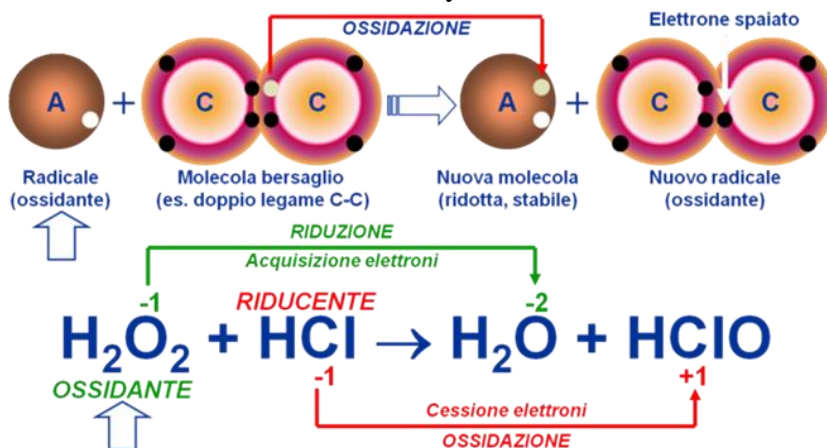


Figure 3: Oxidative stress process
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=Oxidative+stress+process+&title=Special:MediaSearch&go=Go&type=image>

Objective

The study's objective was to compile information from the literature regarding the anti-inflammatory, antidiabetic, and antioxidant properties of *Origanum rotundifolium*, *Rosmarinus officinalis*, *Lavendula angustifolia*, and *Thymus serpyllum*.

Results

1. *Lavendula Angustifolia* known by several names, including medicinal lavender, and common lavender. This plant is a perennial evergreen one (*Lavandula vera*, *Lavandula angustifolia* and, *Lavandula officinalis*) (Fig.4).



Fig 4. Lavender (*Lavendula Angustifolia*)

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=Lavender+%28Lavandula+Angustifolia&title=Special:MediaSearch&go=Go&type=image>

The latin verbs "*lavo*" and "*lavare*," which means "wash" or "clean" are the source of the term lavender. For a very long time, lavender has been used as a bath additive, as formulating soaps and perfumes, food additives and as a remedy for several diseases. Lavender species contain more than 100 molecules including essential oil, anthocyanins, phytosterols, sugars, minerals, tannins and coumarins [Letsiou et al, 2023], [Letsiou et al, 2023], [Tebbi et al, 2023], [Habán et al, 2023]. Significant antioxidant potential is present in lavender, though the exact potential varies greatly among species. In the food industry, safe-to-eat antioxidants are essential because oxidative lipid breakdown lowers food quality and flavor. This disintegration could be the consequence of heating techniques like microwave heating or storing. By adding spike lavender essential oil (EO), one can stabilize the lipids, stop the formation of unwanted secondary oxidation products, and preserve the vitamin content [Hajhashemi et al, 2023].

A protective reaction to a variety of chemical, physical, and biological agents is inflammation. Every one of these things sets off a defensive response in the body. Acute and chronic are the two types, and each has a distinct set of effects. The immune system's overactive response, which releases inflammatory cells like neutrophils, lymphocytes, and macrophages, is linked to inflammation. Inflammatory mediator expression is linked to the immune system's critical function. Furthermore, a number of animal experimental models are used to test anti-inflammatory activity, including the paw edema in mice and rats caused by carrageenan, the mice formalin test, the mice ear edema caused by croton oil, the mice ear edema caused by TPA, and the LPS-stimulated cell line [Dobros et al, 2022]. Studies have shown that the anti-inflammatory properties of lavender stem from the existence of non-volatile terpenoids, polyphenols, and components of essential oils. Numerous studies have demonstrated that lavender oil inhibits important inflammation-related enzymes, including cyclooxygenase (COX), nitric oxide synthase (iNOS), and lipoxygenase (LOX) [Dobros et al, 2022]. Intraperitoneal administration of lavender oil to experimental animals significantly improved oxidative stress parameters and pro-inflammatory cytokine levels [But et al, 2023]. In THP-1 single cell culture lavender essential oil extracted at the beginning of flowering period is a potent inhibitor of pro-inflammatory cytokines IL-6, IL-8, IL- β and TNF α [Pandur et al, 2021].

Lavender angustifolia is used for many traditional medical and cosmetic products. Coumarin compounds in lavender exhibit many biological properties, antimicrobial, antibacterial, antifungal, antioxidant, anticancer, anti-HIV, antihypertensive, anticoagulant, anticancer, antiviral, anti-inflammatory, analgesic, antidiabetic, antidepressant and other bioactive properties [Bhattarai et al, 2021].

Lavender has also been recognized as having healing potential in the treatment of type 2 diabetes, and tests are currently being undertaken on it. The possible application of methanol extracts in the management of diabetic dyslipidemia has been studied. The results demonstrated that *L. angustifolia* decreased the in vitro activity of hormone-sensitive lipase (HSL) and pancreatic lipase (PL). The presence of gallic acid (10,1 and 14,5 g/mL IC50s for PL and HSL, respectively) and rosmarinic (RA) acid (125,2 and 51,5 g/mL IC50s for PL and HSL, respectively) may be linked to these inhibitory effects [Batiha et al, 2023], [Issa et al, 2011].

The result of biotechnologically produced cell suspension extract of *Lavandula angustifolia* high in RA content as therapeutics for psoriasis-associated inflammation in human keratinocytes has been studied. RA inhibited the JAK2/STAT1 signaling pathway determining psoriasis-like inflammation in human keratinocytes [Koycheva et al, 2021], [Naghdi et al, 2018], [Perra et al, 2022]. The JAK/STAT pathway is associated with stem

cell supporting, hematopoiesis, inflammatory feedback and transmits signals from cytokines, interleukins and growth factors which act through transmembrane receptors. In a clinical trial including fifty-two patients with type II diabetes mellitus (DM) and insomnia, inhaled lavender ameliorated sleep quality and emotional state in diabetic patients being distressed from insomnia with no remarkable effect on metabolic status [Lari et al, 2020].

2. Rosmarinus Officinalis Known by its common name, rosemary, *Rosmarinus officinalis* (RO) L. belongs to the Lamiaceae family. In addition to its culinary applications owing to its distinct scent, this plant is extensively utilized by native communities in areas where it grows naturally. RO is a woody, perennial herb with flowers that can be white, pink, purple, or blue. Its leaves are evergreen and fragrant (Fig.5). This is a strong herb from the Mediterranean region. The Latin words "ros" (dew) and "marinus" (sea) are the source of the phrase "dew of the sea". Forms vary in height from 1.5 m to 2 m, with upright forms rarely reaching this height. The evergreen leaves measure 2-4 cm in length and 2.5 mm in width. They are green on top and white underneath, with dense, short, wooly hair [Akshay et al, 2019].



Fig 5. *Rosmarinus officinalis*

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=Rosmarinus+officinalis+&title=Special:MediaSearch&go=Go&type=image>

The chemical compounds that make up its composition are what give it its antioxidant qualities. Historically, studies have demonstrated the potential benefits of rosemary oil in the treatment or management of a wide range of illnesses, including diabetes mellitus and inflammatory diseases.

It should come as no surprise that *Rosmarinus officinalis* (RO) has been identified in numerous studies as a potent anti-diabetic agent. RO antioxidant qualities carry out a number of anti-diabetic and anti-

hyperglycemic actions. In one study, rosemary extract lowered the blood glucose levels of normoglycemic, hyperglycemic, and diabetic rabbits [Bakirel et al, 2008], [Abu-Al-Basai et al, 2010]. The extract also increased insulin secretion by promoting antioxidant enzyme activation and lipid peroxidation inhibition [Bakirel et al, 2008]. Additionally, it was discovered that rosemary relieved delayed wound healing, a significant consequence of diabetes. Following the administration of rosemary, the body's improved antioxidant status is responsible for these anti-diabetic effects [Khalil et al, 2012], [de Oliveira et al, 2019].

Moreover, several studies demonstrated strong anti-inflammatory mechanisms exhibited by *Rosmarinus officinalis*. Leukocyte migration was found to be significantly inhibited in vivo by rosemary essential oil and extract. An anti-inflammatory response was produced as a result of the decrease in leukocytes at the site of inflammation. Additionally, pro-inflammatory compounds like nitric oxide and genes linked to inflammation were inhibited by rosemary extract [Mengoni et al, 2011], [Benincá et al, 2011], [Gaya et al, 2013]. The effect of rosemary addition on Barbarine rams and dogs was studied and the results showed decrease in blood glucose and enhancement of the spermatic quality and the hormonal status regulating the testicular function [Khniissi et al, 2023], [Abdelrahman et al, 2020]. A daily dose of 400 mg/kg for 21 days, via gavage of *Rosmarinus officinalis* in animal models showed anti-inflammatory activity lowering the levels of SOD, TNF α , CAT, IL6 and IL10 [Gonçalves et al, 2022], [Ahmed et al, 2020].

Changes in the gut microbiota induced by essential oils rosemary as prebiotics in mice, regulated cardiovascular and metabolic factors, which focus on the potential of these nutraceuticals for reducing Ischemic heart disease risk in patients affected by type-2 diabetes mellitus [Sánchez-Quintero et al, 2022].

3. *Thymus Serpyllum* a genus that belongs to the *Lamiaceae* family. It comprises approximately 250 taxa worldwide, comprising 214 species and 36 sub-species. The *Thymus* genus originated in the Mediterranean area, especially in the Iberian Peninsula and North-West Africa (Fig.6).

From there, it extended to Asia, Europe, Greenland, North America, and Abyssinia. Because of its delicious flavor, healthful qualities, and medicinal qualities, plants in the *Thymus* genus are widely employed in the food, cosmetic, perfume, and pharmaceutical industries. Some species, such *T. pulegioides* L. (big thyme), *T. serpyllum* L. (wild thyme), and *T. zygis* L. (Spain thyme), are important commercial types grown around the world.



Fig 6. Thymus Serpyllum

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=Thymus+Serpyllum&title=Special:MediaSearch&go=Go&type=image>

Plants in the Thymus genus have extracts and characteristic monomer components that have been shown to be effective natural antioxidants that reduce oxidative stress, especially in the liver and heart. *Thymus Serpyllum* (TS) essential oil (EO) showed the highest radical scavenging activity (EC50:0.94 g/mL). followed by oils of *Thymus algeiensis* (TA) (EC50: 1.64 g/mL) and *Thymus vulgaris* (TV) (EC50: 4.80 g/mL) which was confirmed by previous studies regarding the EOs of this plant [Salaria et al, 2023].

TS ability to inhibit diabetes mellitus was studied previously and the results showed that it targets 91 genes and contains 21 constituents as active ingredients, with scutellarein (producing the lowest concentration of Ca²⁺) acting as the hub gene and most active ingredient, respectively. The main mechanism of TS against diabetes is the inactivation of the advanced glycation end products (AGE), Receptor for AGE (RAGE) signaling (oxidative stress induced) pathway, which may help to prevent diabetes-related comorbidities and disease progression. The mechanisms of TS against diabetes have been linked to 26 signaling pathways [Alamgeer et al, 2014]. When Diabetes was induced in BALB/c mice fed with a high-fat diet, oral administration of aqueous extract of *Thymus serpyllum* attenuated hyperglycemia in their liver muscle via AMPK and IRS1 upregulation. AMP-activated protein kinase (AMPK) plays a critical role both in sensing and regulating cellular energy state. In experimental animals, its activation has been shown to reduce the risk of obesity and diabetes-related co-morbidities such as insulin resistance, metabolic syndrome and atherosclerotic cardiovascular disease [Azhar et al, 2022], [Wahab et al, 2022].

4. Origanum rotundifolium, Another member of the *Lamiaceae* family is oregano. Since this plant grows at heights of 400–1800 m and in sunny locations, its name, Origanum, originates from the Greek name *ὀρίγανον* (origanon), which in turn comes from the words *ὄρος* (oros = mountain) and *γάνος* (ganos = brightness). (Fig.7). Greece and Turkey are home to the most of Origanum species, which are found in the Mediterranean. Certain species of Origanum are annual or perennial herbs with small, round, oval-shaped leaves that can have toothed edges and pointed, obtuse tips. The flowers are grouped in spikes and may be white, pink, or purple in color [Picos-Salas et al, 2021].



Fig 7. Origanum rotundifolium

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?search=Origanum+rotundifolium+&title=Special:MediaSearch&go=Go&type=image>

Origanum rotundifolium extract contained a number of flavones such as: xanthomicrol (5,4'-dihydroxy-6,7,8-trimethoxyflavone), luteolin-7-O-diglucuronide, apigenin-7-O-triglucuronide, luteolin-7-O-rutinoside, vitexin, 6,8-di-C-hexosylapigenin. The most often found flavones, are derivatives of luteolin and apigenin, which have demonstrated antioxidant, anti-cancer, and anti-inflammatory effects [Picos-Salas et al ,2021], [Maietta et al, 2018]. Vitexin also disclosed antiproliferative activity against HeLa, HT29, C6 and Vero cells lines [Erenler et al, 2017].

Furthermore, research on plants in the *Lamiaceae* family has linked the anti-diabetic qualities of Origanum essential oil to its primary constituents, carvacrol and thymol. This suggests that the mechanism of action of EOs may differ based on their composition [Leyva-López et al, 2017], [Aras et al, 2017]. Mixture of Cinnamomum verum (CV), Origanum majorana (OM), and Origanum vulgare (OV) plants investigated promising antidiabetic activities on glucose-induced-diabetic zebrafish [Gutiérrez et al, 2021], while OV

extract inhibited α -glucosidase activity, upgraded glucose uptake, restrained glycosylation and alleviated oxidative stress In vitro assays [Yu et al, 2021].

Conclusion

This study emphasizes the possible health advantages of numerous *Lamiaceae* plants, such as oregano, thyme, lavender, and rosemary. Plants of the *Lamiaceae* family have a lot of antioxidant-producing chemicals, these antioxidants can aid in lowering the body's oxidative stress, which has been connected to a number of chronic illnesses. These plants may ameliorate insulin activity and blood sugar regulation. Plants of the *Lamiaceae* family may have anti-inflammatory qualities that could lessen the symptoms of inflammatory diseases, which can be found in functional meals, and may provide a natural way to manage inflammation. The *Lamiaceae* family provides a natural source of substances that may be used in functional foods. These functional meals have the potential to improve general health and help manage chronic illnesses. The precise mechanisms of action of these plants and the best doses for use in functional food applications require more investigation. To confirm the effectiveness and safety of functional foods based on the *Lamiaceae* family, clinical trials are required. It is imperative to look at how these functional foods interact with prescription drugs. These plants have the power to transform the functional food market and advance health by overcoming these obstacles and conducting additional research.

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

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

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

References:

1. Abdelrahman, N., El-Banna, R., Arafa, M., & Hady, M. (2020). Hypoglycemic efficacy of *Rosmarinus officinalis* and/or *Ocimum basilicum* leaves powder as a promising clinico-nutritional management tool for diabetes mellitus in Rottweiler dogs. *Veterinary World*, 13(1), 73-79. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.73-79>
2. Abu-Al-Basal, M. A. (2010). Healing potential of *Rosmarinus officinalis* L. on full-thickness excision cutaneous wounds in alloxan-diabetic BALB/c mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 131(2), 443-450.
3. Ahmed, H. M., & Babakir-Mina, M. (2020). Investigation of rosemary herbal extracts (*Rosmarinus officinalis*) and their potential effects

- on immunity. *Phytotherapy Research*, 34(8), 1829-1837. <https://doi.org/10.1002/ptr.6648>
4. Akshay, K., Swathi, K., Bakshi, V., & Boggula, N. (2019). *Rosmarinus officinalis* L.: An updated review of its phytochemistry and biological activity. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 9(1), 323-330. <http://dx.doi.org/10.22270/jddt.v9i1.2218>
 5. Alamgeer, M. (2014). Evaluation of hypoglycemic activity of *Thymus serpyllum* Linn in glucose-treated mice. *International Journal of Basic Medical Sciences and Pharmacy (IJBMSP)*, 3(2).
 6. Aras, A., Silinsin, M., Bingol, M. N., & Bursal, E. (2017). Identification of bioactive polyphenolic compounds and assessment of antioxidant activity of *Origanum acutidens*. *International Letters of Natural Sciences*, 66, 1-8.
 7. Azhar, J., John, P., & Bhatti, T. (2022). *Thymus serpyllum* exhibits anti-diabetic potential in streptozotocin-induced diabetes mellitus type 2 mice: A combined biochemical and in vivo study. *Nutrients*, 14(17), 3561. <https://doi.org/10.3390/nu14173561>
 8. Bakirel, T., Bakirel, U., Keleş, O. U., Ülgen, S. G., & Yardibi, H. (2008). In vivo assessment of antidiabetic and antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) in alloxan-diabetic rabbits. *Journal of Ethnopharmacology*, 116(1), 64-73.
 9. Batiha, G. E., Teibo, J. O., Wasef, L., Shaeen, H. M., Akomolafe, A. P., Teibo, T. K. A., Al-Kuraishy, H. M., Al-Garbeeb, A., Alexiou, A., & Papadakis, M. (2023). A review of the bioactive components and pharmacological properties of *Lavandula* species. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 396(4), 1-24. <https://doi.org/10.1007/s00210-023-02392-x>
 10. Benincá, J. P., Dalmarco, J. B., Pizzolatti, M. G., & Fröde, T. S. (2011). Analysis of the anti-inflammatory properties of *Rosmarinus officinalis* L. in mice. *Food Chemistry*, 124, 468-475.
 11. Bhattarai, N., Kumbhar, A. A., Pokharel, Y. R., & Yadav, P. N. (2021). Anticancer potential of coumarin and its derivatives. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 21(19), 2996-3029. <https://doi.org/10.2174/1389557521666210405160323>
 12. Bourkoula, A., Konsta, E., Papadopoulou, A., & Trapali, M. (2021). Lipidic classes involved in diabetes mellitus. *Novel Research in Sciences*, 8(2), NRS.000685. <https://doi.org/10.31031/NRS.2021.08.000685>
 13. But, V. M., Bulboacă, A. E., Rus, V., Ilyés, T., Gherman, M. L., & Bolboacă, S. D. (2023). Anti-inflammatory and antioxidant efficacy of lavender oil in experimentally induced thrombosis. *Thrombosis

- Journal*, 21(1), Article 85. <https://doi.org/10.1186/s12959-023-00516-0>
14. De Oliveira, J. R., Camargo, S. E. A., & de Oliveira, L. D. (2019). **Rosmarinus officinalis** L. (rosemary) as therapeutic and prophylactic agent. *Journal of Biomedical Science*, 26(1), Article 5. <https://doi.org/10.1186/s12929-019-0499-8>
 15. Dimopoulos, P., Raus, T., Bergmeier, E., Constantinidis, T., Iatrou, G., Kokkini, S., Strid, A., & Tzanoudakis, D. (2013). *Vascular plants of Greece: An annotated checklist*. Botanic Garden and Botanical Museum Berlin-Dahlem & Hellenic Botanical Society.
 16. Dimopoulos, P., Raus, T., Bergmeier, E., Constantinidis, T., Iatrou, G., Kokkini, S., Strid, A., & Tzanoudakis, D. (2016). *Vascular plants of Greece: An annotated checklist. Supplement*. *Willdenowia*, 46(3), 301–347. <https://doi.org/10.3372/wi.46.46303>
 17. Dobros, N., Zawada, K. D., & Paradowska, K. (2022). Phytochemical profiling, antioxidant, and anti-inflammatory activity of plants belonging to the **Lavandula** genus. *Molecules*, 28(1), 256. <https://doi.org/10.3390/molecules28010256>
 18. Erenler, R., Meral, B., Sen, O., Elmastaş, M., Aydın, A., Eminagaoglu, O., & Topcu, G. (2017). Bioassay-guided isolation, identification of compounds from **Origanum rotundifolium** and investigation of their antiproliferative and antioxidant activities. *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 1646-1653. <https://doi.org/10.1080/13880209.2017.1310906>
 19. Gaya, M., Repetto, V., Toneatto, J., Anesini, C., & Piwien-Pilipuk, G. (2013). Antiadipogenic effect of carnosic acid, a natural compound present in **Rosmarinus officinalis**, is exerted through the C/EBPs and PPAR γ pathways at the onset of the differentiation program. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1830(6), 3796-3806.
 20. Gonçalves, C., Fernandes, D., Silva, I., & Mateus, V. (2022). Potential anti-inflammatory effect of **Rosmarinus officinalis** in preclinical in vivo models of inflammation. *Molecules*, 27(3), 609. <https://doi.org/10.3390/molecules27030609>
 21. Gutiérrez, R., Jerónimo, F., Soto, J., Ramírez, A., & Mendoza, M. (2021). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of polyphenols from the polyherbal formulation of **Cinnamomum verum**, **Origanum majorana**, and **Origanum vulgare** and their anti-diabetic capacity in zebrafish (**Danio rerio**). *Heliyon*, 8(1), e08682. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08682>
 22. Habán, M., Korczyk-Szabó, J., Certekov, S., & Ražná, K. (2023). **Lavandula** species, their bioactive phytochemicals, and their

- biosynthetic regulation. **International Journal of Molecular Sciences**, 24, 8831. <https://doi.org/10.3390/ijms24108831>
23. Hajhashemi, V., Ghannadi, A., & Sharif, B. (2023). Anti-inflammatory and analgesic properties of the leaf extracts and essential oil of **Lavandula angustifolia** Mill. **Journal of Ethnopharmacology**, 89(1), 67-71. [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(03\)00234-4](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(03)00234-4)
24. Issa, A., Mohammad, M., Hudaib, M., & Bustanji, Y. (2011). A potential role of **Lavandula angustifolia** in the management of diabetic dyslipidemia. **Journal of Medicinal Plants Research**, 5(16), 3876-3882.
25. Khalil, O. A., Ramadan, K. S., Danial, E. N., Alnahdi, H. S., & Ayaz, N. O. (2012). Antidiabetic activity of **Rosmarinus officinalis** and its relationship with the antioxidant property. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, 6(14), 1031-1036.
26. Khnissi, S., Bomboi, G., Khémiri, I., Ben Salem, I., Dattena, M., Sai, S., Ben Mustapha, S., Cabiddu, A., & Lassoued, N. (2023). Incorporation of fresh leaves of wormwood (**Artemisia herba-alba**) and/or rosemary (**Rosmarinus officinalis**) in the diet of rams: Effect on testicular function, sexual behavior, and blood parameters. **Food Science & Nutrition**, 11(6), 3121-3130. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3293>
27. Koycheva, I., Vasileva, L., Amirova, K., Marchev, A., Balcheva-Sivenova, Z., & Georgiev, M. (2021). Biotechnologically produced **Lavandula angustifolia** Mill. extract rich in rosmarinic acid resolves psoriasis-related inflammation through Janus kinase/signal transducer and activator of transcription signaling. **Frontiers in Pharmacology**, 12, 680168. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.680168>
28. Lari, Z., Hajimonfarednejad, M., Riasatian, M., Abolhassanzadeh, Z., Iraj, A., Vojoud, M., Heydari, M., & Shams, M. (2020). Efficacy of inhaled **Lavandula angustifolia** Mill. essential oil on sleep quality, quality of life, and metabolic control in patients with diabetes mellitus type II and insomnia. **Journal of Ethnopharmacology**, 251, 112560. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112560>
29. Letsiou, S., Trapali, M., Tebbi, S. O., & Benaida-Debbache, N. (2023). A simple and robust LC-ESI single quadrupole MS-based method to analyze polyphenols in plant extracts using deep eutectic solvents. **MethodsX**, 11, 102303.
30. Letsiou, S., Trapali, M., Vougiouklaki, D., Tsakni, A., Antonopoulos, D., & Houhoula, D. (2023). Antioxidant profile of **Origanum dictamnus** L. exhibits antiaging properties against UVA irradiation. **Cosmetics**, 10(5), 124. <https://doi.org/10.3390/cosmetics10050124>

31. Leyva-Lopez, N., Gutiérrez-Grijalva, E. P., Vazquez-Olivo, G., & Heredia, J. B. (2017). Essential oils of oregano: Biological activity beyond their antimicrobial properties. **Molecules**, 22(6), 989. <https://doi.org/10.3390/molecules22060989>
32. Ma, B., Whiteford, J. R., Nourshargh, S., & Woodfin, A. (2016). Underlying chronic inflammation alters the profile and mechanisms of acute neutrophil recruitment. **Journal of Pathology**, 240(3), 291-303. <https://doi.org/10.1002/path.4776>
33. Maietta, M., Colombo, R., Corana, F., & Papetti, A. (2018). Cretan tea (**Origanum dictamnus** L.) as a functional beverage: An investigation on antiglycative and carbonyl trapping activities. **Food & Function**, 9, 1545–1556.
34. Mengoni, E. S., Vichera, G., Rigano, L. A., & Rodriguez-Puebla, M. L. (2011). Suppression of COX-2, IL-1 β , and TNF- α expression and leukocyte infiltration in inflamed skin by bioactive compounds from **Rosmarinus officinalis** L. **Fitoterapia**, 82(3), 414-421.
35. Naghdi, F., Gholamnezhad, Z., Boskabady, M., & Bakhshesh, M. (2018). Muscarinic receptors, nitric oxide formation, and cyclooxygenase pathway involved in tracheal smooth muscle relaxant effect of hydro-ethanolic extract of **Lavandula angustifolia** flowers. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, 102, 1221-1228. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.04.004>
36. Pandur, E., Balatinácz, A., Micalizzi, G., Mondello, L., Horváth, A., Sipos, K., & Horváth, G. (2021). Anti-inflammatory effect of lavender (**Lavandula angustifolia** Mill.) essential oil prepared during different plant phenophases on THP-1 macrophages. **BMC Complementary Medicine and Therapies**, 21(1), 287. <https://doi.org/10.1186/s12906-021-03461-5>
37. Perra, M., Fancello, L., Castangia, I., Allaw, M., Escribano-Ferrer, E., Peris, J., Usach, I., Manca, M., Koycheva, I., Georgiev, M., & Manconi, M. (2022). Formulation and testing of antioxidant and protective effect of hyalurosomes loading extract rich in rosmarinic acid biotechnologically produced from **Lavandula angustifolia** Miller. **Molecules**, 27(8), 2423. <https://doi.org/10.3390/molecules27082423>
38. Picos-Salas, M., Heredia, J., Leyva-López, N., Ambriz-Pérez, D., & Gutiérrez-Grijalva, G. (2021). Extraction processes affect the composition and bioavailability of flavones from Lamiaceae plants: A comprehensive review. **Processes**, 9, 1675. <https://doi.org/10.3390/pr9091675>
39. Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., & Bitto, A. (2017). Oxidative

- stress: Harms and benefits for human health. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, 2017, 8416763. <https://doi.org/10.1155/2017/8416763>
40. Salaria, D., Rolta, R., Lal, U. R., Dev, K., & Kumar, V. (2023). A comprehensive review on traditional applications, phytochemistry, pharmacology, and toxicology of **Thymus serpyllum**. **Indian Journal of Pharmacology**, 55(6), 385-394. https://doi.org/10.4103/ijp.ijp_220_22
41. Sánchez-Quintero, M., Delgado, J., Medina-Vera, D., Becerra-Muñoz, V., Queipo-Ortuño, M., Estévez, M., Plaza-Andrades, I., Rodríguez-Capitán, J., Sánchez, P., Crespo-Leiro, M., Jiménez-Navarro, M., & Pavón-Morón, F. (2022). Beneficial effects of essential oils from the Mediterranean diet on gut microbiota and their metabolites in ischemic heart disease and type-2 diabetes mellitus. **Nutrients**, 14(21), 4650. <https://doi.org/10.3390/nu14214650>
42. Solomou, A. D., Giannoulis, K. D., Skoufogianni, E., Kakara, S., Charvalas, G., & Kollimenakis, A. (2021). Ecological value, cultivation, and utilization of important medicinal plants (sage, oregano, and sideritis) in Greece. In H. M. Ekiert, K. G. Ramawat, & J. Arora (Eds.), **Medicinal Plants. Sustainable Development and Biodiversity** (Vol. 28). Springer.
43. Tebbi, S. O., Trapali, M., & Letsiou, S. (2023). Exploring the anti-diabetic, antioxidant, and anti-microbial properties of **Clematis flammula** L. leaves and **Pistacia lentiscus** L. fruits using choline chloride-based deep eutectic solvent. **Waste and Biomass Valorization**. <https://doi.org/10.1007/s12649-023-02360-9>
44. Trapali, M. (2022). Antioxidant activity in patients with type II diabetes. **Review of Clinical Pharmacology and Pharmacokinetics**, 36(1), 6.
45. Trapali, M., & Papadopoulou, A. (2023). Genetic polymorphisms possibly implicated in diabetes mellitus. **Review of Clinical Pharmacology and Pharmacokinetics**, 37(1), 1-6.
46. Trapali, M. (2021). Oxidic degradation of lipids in patients with type II diabetes. **Review of Clinical Pharmacology and Pharmacokinetics**, 35(2), 4.
47. Uritu, C. M., Mihai, C. T., Stanciu, G.-D., Dodi, G., Alexa-Stratulat, T., Luca, A., Leon-Constantin, M.-M., Stefanescu, R., Bild, V., Melnic, S., & Tamba, B. I. (2018). Medicinal plants of the family Lamiaceae in pain therapy: A review. **Pain Research and Management**, 2018, Article 7801543. <https://doi.org/10.1155/2018/7801543>

48. Yu, H., Zhang, P., Liu, H., Sun, X., Liang, J., Sun, L., & Chen, Y. (2021). Hypoglycemic activity of **Origanum vulgare** L. and its main chemical constituents identified with HPLC-ESI-QTOF-MS. **Food & Function**, 12(6), 2580-2590. <https://doi.org/10.1039/d0fo03166f>
49. Wahab, M., Bhatti, A., & John, P. (2022). Evaluation of antidiabetic activity of biogenic silver nanoparticles using **Thymus serpyllum** on streptozotocin-induced diabetic BALB/c mice. **Polymers (Basel)**, 14(15), 3138. <https://doi.org/10.3390/polym14153138>

Évaluation du niveau de consommation des fruits et légumes chez les étudiants de l'Université Félix Houphouët-Boigny de Côte d'Ivoire en 2018

Anon Franck-Donald N'guessan

Institut National de la Santé Publique, Abidjan, MSHPCMU, Côte d'Ivoire

N'da Mireille-Vanessa Yoboué

Chaire UNESCO, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Digbé Matogoma Epse Blé

Institut National de la Santé Publique, Abidjan, MSHPCMU Côte d'Ivoire

Siaky Motihé Kamara

Université Jean Lorougnon GUEDE, Daloa, Côte d'Ivoire

Kouakou Egnon Vivien

Laboratoire de Pharmacologie et Nutrition, Université Félix Houphouët
Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Ahoua Yapi

Laboratoire de Biologie santé,
Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Ake-Tano Sassor Odile Purifine

Institut National de la Santé Publique, Abidjan, MSHPCMU Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n30p52](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p52)

Submitted: 05 March 2024
Accepted: 21 October 2024
Published: 31 October 2024

Copyright 2024 Author(s)
Under Creative Commons CC-BY 4.0
OPEN ACCESS

Cite As:

N'guessan A.F.D., Yoboué N.M.V., Blé D.M.E., Kamara S.M., Kouakou E.V., Ahoua Y. & Ake-Tano S.O.D. (2024). *Évaluation du niveau de consommation des fruits et légumes chez les étudiants de l'Université Félix Houphouët-Boigny de Côte d'Ivoire en 2018*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (30), 52. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p52>

Résumé

Il s'agit d'une étude transversale à visée descriptive ayant pour objectif principal d'évaluer le niveau de la consommation des fruits et légumes dans l'alimentation des étudiants de l'Université Félix Houphouët-Boigny de Côte d'Ivoire. En effet, une enquête de consommation alimentaire a été réalisée du 06 Août au 06 Novembre 2018 dans une population de 992 étudiants volontaires, d'âge moyen de 22,1 ans, dominée par le sexe masculin. Elle a révélé une très faible consommation des fruits et des légumes dans la

population. Les facteurs liés à ce faible niveau de consommation ont été identifiés. Il s'agit de l'inhabitude à la consommation, du coût élevé, de la mauvaise qualité des fruits et légumes vendus sur les marchés, des allergies alimentaires et des interdits culturels. Cette situation pourrait avoir de graves répercussions sur l'état de santé des apprenants à savoir, les carences en micronutriments et l'exposition aux maladies chroniques telles que le cancer, le diabète, l'hypertension artérielle, l'accident vasculaire cérébral, etc. Elle se présente comme un problème nutritionnel sérieux qui nécessite la mise en place de stratégies basées sur l'évidence en vue de trouver des solutions durables.

Mots-clés: Consommation, fruits et légumes, étudiants, Côte d'Ivoire

Assessment of Fruit and Vegetable Consumption Levels Among Students at Felix Houphouët-Boigny University in Côte d'Ivoire in 2018

Anon Franck-Donald N'guessan

Institut National de la Santé Publique, Abidjan, MSHPCMU, Côte d'Ivoire

N'da Mireille-Vanessa Yoboué

Chaire UNESCO, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

Digbé Matogoma Epse Blé

Institut National de la Santé Publique, Abidjan, MSHPCMU Côte d'Ivoire

Siaky Motihé Kamara

Université Jean Lorougnon GUEDE, Daloa, Côte d'Ivoire

Kouakou Egnon Vivien

Laboratoire de Pharmacologie et Nutrition, Université Félix Houphouët
Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Ahoua Yapi

Laboratoire de Biologie santé,

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

Ake-Tano Sassor Odile Purifine

Institut National de la Santé Publique, Abidjan, MSHPCMU Côte d'Ivoire

Abstract

This is a cross-sectional study with a descriptive aim whose main objective is to evaluate the level of consumption of fruits and vegetables in the diet of students at the Felix Houphouët-Boigny University of Ivory Coast. Indeed, a food consumption survey was carried out from August 6 to November 6, 2018, in a population of 992 student volunteers, with an average age of 22.1 years, dominated by males. It revealed a very low consumption of fruits and vegetables in the population. The factors linked to this low level of consumption have been identified. These include unfamiliarity with consumption, high cost, poor quality of fruits and vegetables sold in markets, food allergies, and cultural prohibitions. This situation could have serious repercussions on the health status of learners, namely micronutrient deficiencies and exposure to chronic diseases such as cancer, diabetes, high blood pressure, stroke, etc. It presents a serious nutritional problem that requires the implementation of strategies based on evidence to find sustainable solutions.

Keywords: Consumption, fruits and vegetables, students, Ivory Coast

Introduction

En Afrique sub-saharienne, la croissance des maladies chroniques liées à une mauvaise alimentation chez l'adulte était de 3,5 millions en 2015, et plus de 40 millions de cas sont attendus en 2030. En Côte d'Ivoire, la mutation alimentaire, est marquée par une forte consommation de viande rouge, de produits laitiers (yaourts, fromages), de produits à index glycémique élevé (boissons sucrées, desserts lactés sucrés), de produits gras (fromage, charcuterie et graisse animales), couplé à une faible consommation de fruits. Ces habitudes exposent les populations aux maladies métaboliques chroniques (Kouamé et Enoh, 2011). Selon la FAO en 2012, un ivoirien consommerait par an en moyenne 39,7 kg de légumes et 6,2 kg de fruits pendant que les normes sont à 122,400 kg correspondant à 5 fruits et légumes par jour (FAO, 2012). Face à cette situation, la Côte d'Ivoire a renouvelé son engagement pour une bonne nutrition de sa population. Cet engagement est décliné dans le plan stratégique multisectoriel de nutrition 2016-2020, faisant partie intégrante du plan national de développement 2016-2020 (CNN, 2015). Ce plan propose un ensemble d'interventions et d'activités dont la promotion des bonnes pratiques nutritionnelles dans les écoles du pays et la sensibilisation des apprenants sur la nutrition en générale. La présente étude vise à contribuer à l'amélioration de l'orientation du plan stratégique des interventions nutritionnelles en milieu universitaire. Elle a pour objectif général d'évaluer la consommation des fruits et légumes dans l'alimentation des étudiants. La principale question de recherche est de savoir quel est le niveau de consommation des fruits et légumes chez des jeunes étudiants, et quels sont les facteurs limitants ? En vue d'atteindre ces résultats et répondre à la question principale, les objectifs spécifiques suivants ont été déclinés. Il s'agit de :

1. Décrire les caractéristiques sociodémographiques des étudiants ;
2. Evaluer le niveau de consommation des fruits et des légumes des étudiants ;
3. Identifier les causes de la faible consommation des fruits et légumes chez les étudiants.

Matériels et méthode de l'étude

Matériels

Site de l'étude

La présente étude a été réalisée en Afrique de l'Ouest, en Côte d'Ivoire précisément à l'Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody à Abidjan.

Population d'étude

La cible de cette étude est la population estudiantine de l'Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody. En effet, l'Université compte en son sein

environ 70 000 étudiants qui habitent en majorité dans les différents quartiers d'Abidjan et de la banlieue de Bingerville (MESRS, 2017).

Type d'étude et période

Il s'agit d'une étude transversale à visé descriptive qui s'est déroulée du 06 Août au 06 Novembre 2018.

Méthode

Echantillonnage

a. Taille de l'échantillon

La taille de l'échantillon a été calculée selon la formule de Stuart Pockok $n = (pq/d^2) \times f(\alpha, \beta)$ où :

n = nombre de sujets nécessaire à inclure dans l'étude

Σ = valeur seuil = 1,96

p = proportion de la consommation des fruits et des légumes de la zone

Le niveau de consommation de fruits et légumes étant inconnu dans la population, nous l'avons estimé à 50%

d = différence à tester = 0,05

$n = (0,5^2/0,05^2) \times 7,9 = 790$ étudiants

d = différence à tester = 0,05

$f(\alpha, \beta)$ = fonction densité de probabilité avec $\alpha = 5\%$ et $\beta = 20\% = 7,9$

Ainsi, la taille d'échantillon minimale représentatif est de 790 éléments.

b. Sélection des enquêtés

La technique d'échantillonnage par commodité a été utilisée pour sélectionner les enquêtés. En effet, une présentation du projet de recherche au responsable de l'Université et des différents UFR a été d'abord réalisée. Puis deux stands ont été dressés sur le Campus Universitaire de Cocody, un à la scolarité et l'autre à l'entrée principale des résidences Universitaires pour accueillir les étudiants ayant accepté de participer à l'étude.

c. Critères d'inclusion

70 000 étudiants fréquentent l'Université Félix Houphouët-Boigny. Il a été inclus dans cette étude, tous les étudiants qui ont visités les stands et souhaitaient y participer sur la période de collecte des données.

Collecte des données

Tous les étudiants qui se sont présentés ont été enquêtés au fur et à mesure qu'ils arrivaient et donnaient leur accord de participation. Un questionnaire a été préparé à cet effet. Il est structuré en quatre parties : (i) la première partie retraçait les caractéristiques socio démographiques de la population d'étude (ii) la seconde ressortait le niveau de connaissance des

étudiants sur la consommation des fruits et des légumes (iii) la troisième partie était réservée aux niveaux de consommation (iv) la dernière partie était réservée aux facteurs limitants la consommation et aux propositions de solutions.

Traitement des données

Des données quantitatives et qualitatives ont été collectées. Celles-ci, ont été saisies par deux opérateurs, recrutés et formés à cet effet. Les saisies ont été faites à l'aide du logiciel Excel 2013 puis exportées dans le logiciel SPSS 20 pour l'analyse. Pour les variables quantitatives, la moyenne et les valeurs extrêmes ont été mis en évidence. Au niveau des variables qualitatives, la distribution des proportions a été retenue.

- Quantification du niveau de consommation des fruits et légumes :

Dans cette étude, la consommation de fruits et légumes a été quantifiée sur la base des travaux de Tiahou *et al.* (2013). En effet la portion de fruits et légumes considérée est de 80 grammes et sensiblement égale au poignet de la main du consommateur ou encore égale à 150 ml de jus de fruit ou de légumes. Ainsi, nous avons classé le niveau de consommation en quatre catégories à savoir : la consommation de moins d'une portion, la consommation d'une à deux portions, la consommation de trois à quatre portions et la consommation de cinq portions et plus.

Aspects éthiques et limites de la recherche

Aspects éthiques

En ce qui concerne les considérations éthiques, les volontaires ont été informés de toutes les étapes avant le démarrage de l'enquête et ont été interviewés après un consentement libre et éclairé. La confidentialité leur a été assurée en attribuant à chaque fiche d'enquête un numéro d'anonymat.

Limites de la recherche

Les limites de cette étude sont liées à la subjectivité des dires des enquêtés. Ainsi, nous avons minimisés ces limites par la bonne préparation de l'enquête, et la taille assez importante de l'échantillon d'étude comme le propose les experts (Collège des Enseignants de Nutrition, 2015).

Résultats et discussion

Résultats

Echantillon réel de collecte de données

Les étudiants ont manifesté un grand intérêt à participer à l'étude. Ainsi, 992 personnes y ont pris part sur les 790 attendus.

Caractéristiques sociodémographiques

- **Age**

La figure 1 présente la répartition des enquêtés selon l'âge

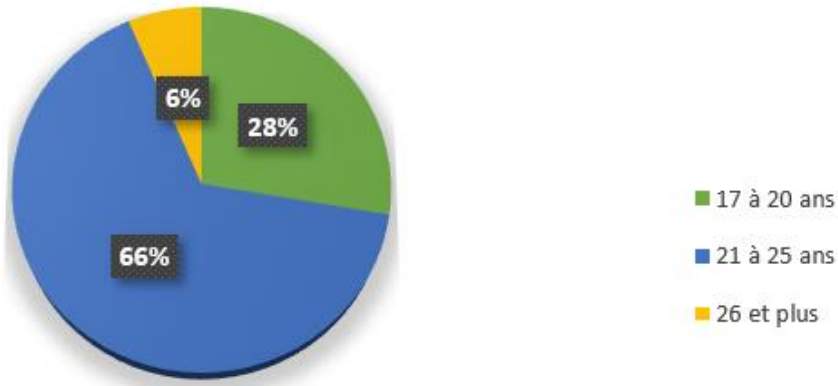


Figure 1 : Répartition des enquêtés selon l'âge
N = 992 étudiants

La population d'étude est jeune avec des âges variant de 17 à 26 ans et plus. Trois tranches d'âge ont été définies à savoir celle de 17 à 20 ans, celle de 21 à 25 ans puis la tranche des 26 ans et plus. La tranche d'âge de 21 à 25 ans est la plus représentée avec 66%, suivie de celle de 17 à 20 ans (28%). La classe d'âge, la moins représentée est celle des plus de 26 ans (6%). L'âge moyen des enquêtés est de 22,1 ans.

- **Sexe**

La figure 2 présente la répartition des enquêtés selon le sexe

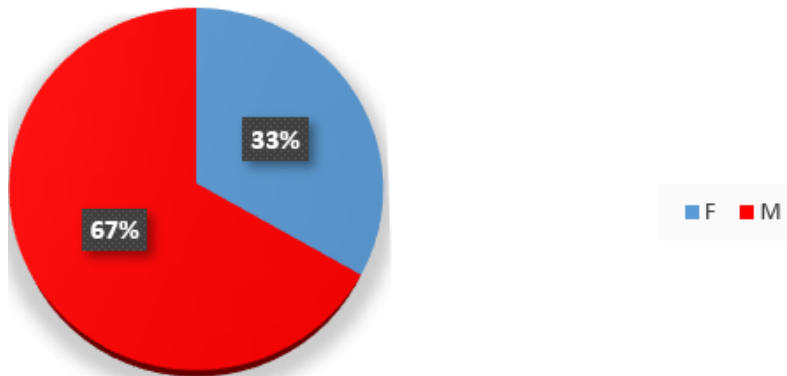


Figure 2 : Répartition des enquêtés selon le sexe
N = 992 étudiants

Au niveau du sexe, la population est composée de garçon et de fille. Le sexe masculin est le plus dominant avec 67%. Ainsi, le sex-ratio est de 2,03 en faveur des hommes.

Connaissances des étudiants sur les fruits et légumes

Relation entre consommation de fruits et de légumes et la prévention de maladie

Le tableau I présente la répartition des étudiants selon leurs connaissances sur la relation entre la consommation des fruits et légumes et la prévention des maladies.

Tableau I : Répartition des étudiants selon leurs connaissances sur la relation entre la consommation des fruits et légumes et la prévention des maladies.

Prévention	Effectifs	Pourcentage
Oui	678	68,3
Non	181	18,3
Pas de réponse	133	13,4

N = 992 étudiants

Selon la majorité des enquêtés (68,30%), il existe une relation entre la consommation des fruits et légumes et la prévention de maladie. Il y a 18,3% des enquêtés qui ne voient pas de relation entre la consommation des fruits et légumes et la santé. Une partie des enquêtés (13,4%) ne s'est pas prononcée sur la question.

Nombre de fruits et de légumes à consommer par jour

Le tableau II présente la répartition des étudiants selon leur connaissance sur le nombre de fruits et légumes à consommer par jour.

Tableau II : Répartition des étudiants selon leur connaissance sur le nombre de fruits et légumes à consommer par jour

Nombre	Effectifs	Pourcentage
< 5	188	
≥ 5	705	71%
Ne sait pas	99	10%

N = 992 étudiants

La majorité (71%) des étudiants connaissent le nombre de fruits et de légumes à consommer par jour. Cependant, 19 % ont proposé des chiffres inférieurs à cinq portions par jour. Il y a 10% des enquêtés qui ont affirmés ne pas connaître le nombre exact de fruits et légumes à consommer.

Niveau de consommation des fruits et légumes

La figure 3 présente la répartition des enquêtés selon le niveau moyen de consommation de légumes.

Niveau de consommation de portion de légumes

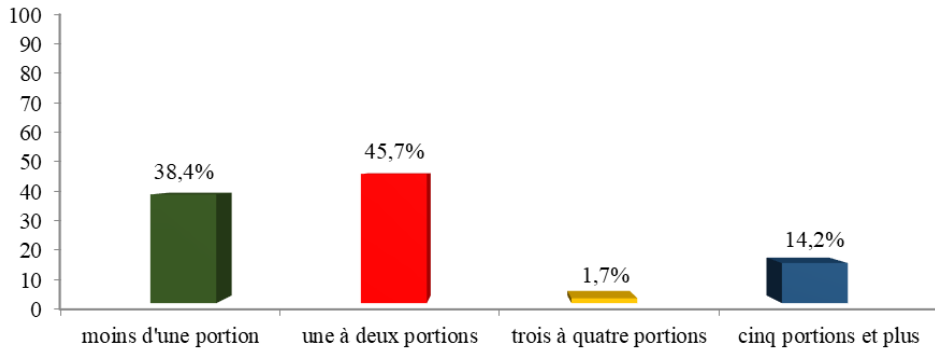


Figure 3 : Répartition des enquêtés selon le niveau moyen de consommation de portion de légumes
N = 992 étudiants

Il y a 38,4% des enquêtés qui consomment moins d'une portion de légumes par jour, suivi de 45,7% qui consomment une à deux portions par jour. Respectivement, 1,7% et 14,2% en consomment trois portions et cinq portions par jour. En somme, plus de 75% des enquêtés consomment moins de deux portions de légumes par jour.

Niveau de consommation de portions de fruits

La figure 4 présente la répartition des enquêtés selon le niveau moyen de consommation de portion de fruits.

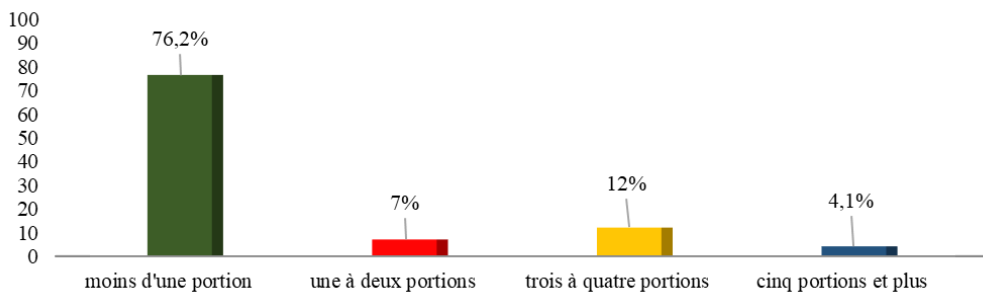


Figure 4 : Répartition des enquêtés selon le niveau moyen de consommation de portions de fruit
N = 992 étudiants

Il y a 76,2% des enquêtés qui consomment moins d'une portion de fruits par jour suivi de 7% consommant une à deux portions par jour. Respectivement 12% et 4,1% en consomment trois à quatre portions par jour et cinq portions par jour. En somme, plus de 80% des enquêtés consomment

moins de trois portions de fruits par jour et seulement 4,1% consomment au moins cinq portions par jour.

Niveau de consommation de légumes par rapport au niveau de consommation de fruits

La figure 5 présente la répartition des enquêtés selon le niveau de consommation de légumes par rapport au niveau de consommation de fruits.

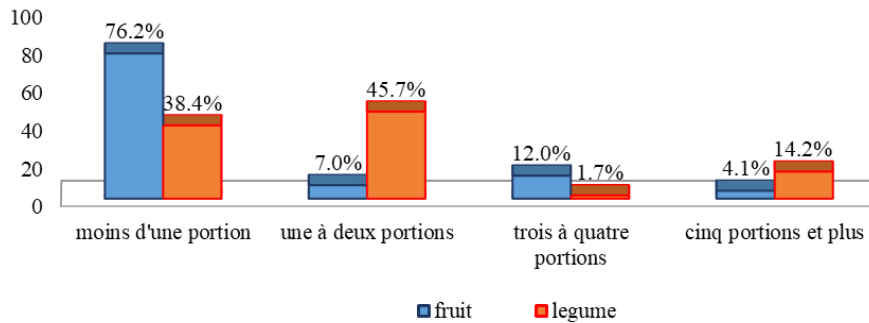


Figure 5 : Répartition des enquêtés selon le niveau de consommation de légumes par rapport au niveau de consommation de fruits
 N = 992 étudiants

Il y a 76,2% des étudiants qui consomment moins d'une portion de fruits contre 38,2% au niveau des légumes. Par ailleurs, 61,6% d'étudiants consomment au moins deux portions de légumes par jour contre 23,1% au niveau des fruits. En somme, la consommation des légumes est plus élevée que celle des fruits.

Niveau moyen de consommation de portions de fruits et légumes.

La figure 5 présente la répartition selon le niveau moyen de consommation de portions de fruits et légumes.

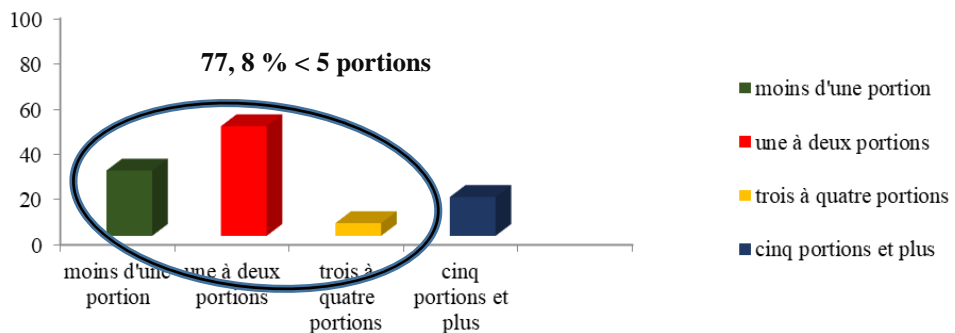


Figure 6 : Répartition des enquêtés selon le niveau moyen de consommation de portions de fruits et légumes
 N = 992 étudiants

Il y a 28,8% des enquêtés qui consomment moins d'une portion de fruits et légumes par jour, suivi de 48,4% qui consomment une à deux portions par jour. Respectivement 5,6% et 17,2% consomment trois à quatre portions et cinq portions par jour. En somme, plus de 77,8% des enquêtés consomment moins de cinq portions de fruits et légumes par jour et ont une faible consommation. Seulement 17,2% des étudiants consomment plus cinq portions et respectent la recommandation internationale.

Facteurs de la faible consommation des fruits et des légumes

Le tableau III présente la répartition des étudiants selon les facteurs de la faible consommation des fruits et des légumes.

Tableau III : Répartition des enquêtés selon les facteurs de la faible consommation des fruits et des légumes

Raisons	Effectifs	Pourcentage
Pas habitué	369	
Coût élevé	212	21,4
Rareté	124	12,5
Mauvaise qualité	121	12,2
Allergie	109	11
Interdit	43	4,3

N = 992 étudiants

La plupart des enquêtés (37,20%) affirment que le manque d'habitude à la consommation est la principale raison de la faible consommation des fruits et légumes. Il y a 21,4% qui pensent aux coûts élevés. Plus de 12% accusent la mauvaise qualité des fruits et légumes vendus sur les marchés. Certains d'entre eux pensent aux allergies alimentaires (11%) et d'autres incriminent les interdits culturels.

Solutions proposées par les étudiants pour améliorer la situation

Le tableau IV présente la répartition des enquêtés selon leurs propositions de solutions pour l'amélioration de la consommation des fruits et des légumes.

Tableau IV : Répartition des enquêtés selon leurs propositions de solution pour l'amélioration de la consommation des fruits et des légumes.

Solutions	Effectifs	Pourcentage
Réduction des coûts	645	65
Sensibilisation des étudiants et les restaurateurs	198	20
Disponibilisation des Fruits et légumes de qualité	149	15

N = 992 étudiants

Trois principales solutions pour améliorer la situation ont été proposées par les enquêtés. Il s'agit de la réduction des coûts des fruits et des

légumes (65%), de la sensibilisation des étudiants et des restaurateurs (20%) et d'assurer la disponibilité des fruits et légumes de qualité sur les marchés.

Discussion

Les résultats obtenus au cours de ce travail s'articulent autour de quatre chapitres qui sont les caractéristiques sociodémographiques, le niveau de consommation des fruits et légumes, les facteurs de faibles consommations et les solutions proposées par les étudiants pour améliorer la situation.

Au niveau de la situation sociodémographique la population d'étude est jeune avec des âges variant de 17 à 26 ans avec un âge moyen de 22,1 ans. Ces résultats sont comparables à ceux d'Amoikon *et al.* (2016) et de N'guessan *et al.* (2018).

Au niveau du sexe, la population est composée de garçon et de fille. Le sexe masculin est le plus dominant avec 67% contre 33% de fille avec un sex-ratio de 2,03 en faveur des hommes. Ces résultats sont semblables à ceux de Ahoua *et al.* (2018) qui ont retrouvé cette même tendance. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'en Côte d'Ivoire, le niveau de scolarisation des jeunes garçons est supérieur à celui des jeunes filles (INS, 2015).

Concernant l'analyse des connaissances des étudiants sur la consommation des fruits et légumes, la majorité des enquêtés (68,30%) connaissent l'existence d'une relation entre la consommation des fruits et légumes et la prévention de maladie. Également, 71% des étudiants connaissent le nombre de fruits et de légumes à consommer par jour. Ces résultats sont comparables à ceux de Banwat *et al.* (2012). En effet, dans leur étude sur la connaissance et la consommation des fruits et des légumes dans le Nord du Nigeria en 2012, Banwat et ses collaborateurs ont rapporté que 92,4% des sujets enquêtés avaient une bonne connaissance des propriétés nutritives et thérapeutiques des fruits et des légumes. Ces résultats se justifient par le niveau de scolarisation assez élevé des enquêtés de l'étude. En effet, dans les travaux de Tiahou *et al.* (2013), les populations ayant un niveau de scolarisation élevé, avaient une meilleure connaissance sur les bienfaits des fruits et légumes et sur le nombre exact de fruits et légumes à consommer par jour.

Après l'analyse des connaissances sur les fruits et légumes, le niveau de consommation des étudiants a été évalué. Cette évaluation a démontré que plus de 75% des enquêtés consomment moins de deux portions de légumes par jour. Également, 76,2% consomment moins d'une portion de fruits par jour et 77,8% des enquêtés consomment moins de cinq portions de fruits et légumes par jour avec une consommation de légumes légèrement supérieure à celle des fruits. Ainsi, malgré leur niveau de connaissance, les étudiants ont un faible niveau de consommation.

Cette faible consommation a été également observée au cours de la première, la deuxième et la troisième étude individuelle nationale des consommations alimentaires en France respectivement réalisées en 1998, en 2008 et en 2018. Ces études ont mis en évidence, environ 60% de sujets adultes consommant moins de 5 portions de fruits et de légumes par jour en France. Par ailleurs au Nigeria, Banwat *et al.* (2012) ont notifié que plus 69 % de leur population d'étude avait une faible consommation des fruits et des légumes. Plusieurs autres auteurs ayant travaillé dans la population générale ont notifié ce comportement alimentaire. Il s'agit de Dwémé *et al.* (2013), de Lioret *et al.* (2004) et de Claudio Pérez (2002). Amoikon *et al.* (2016), Inghel *et al.* (2017) et N'guessan *et al.* (2018) qui ont travaillé sur des populations estudiantines ivoiriennes quelques années avant cette étude, ont également retrouvé cette tendance.

Une telle situation qui est restée constante sur plusieurs années sans être résolue malgré le bon niveau de connaissance des enquêtés, pourrait s'expliquer par des raisons dont les causes profondes n'ont pas été recherchées et solutionnées. Ainsi, la présente étude a emmené les étudiants à donner les causes profondes qui selon eux, seraient responsables de la faible consommation des fruits et des légumes.

Ces causes profondes sont l'inhabitude à la consommation, le coût élevé, la mauvaise qualité des fruits et légumes vendus sur les marchés, les allergies alimentaires et les interdits culturels.

Au niveau du manque d'habitude, les résultats sont comparables à ceux du Conseil Européen de l'Information Nutritionnelle. Selon cette institution, les habitudes alimentaires acquises pendant l'enfance annoncent le type d'alimentation à l'âge adulte. Ainsi, les personnes qui consomment régulièrement les fruits et légumes dans leur enfance continuent de le faire à l'âge adulte.

Concernant le coût élevé des fruits et des légumes, nos résultats corroborent ceux de la fondation Louis Bonduelle en 2010. Dans une importante étude portant sur « comment augmenter la consommation de fruits et de légumes en Europe », cette fondation a constaté que le prix des fruits et légumes était plus élevé que ceux des aliments énergétiques tels que le pain et le riz, limitant ainsi leurs consommations. D'ailleurs certains étudiants ont révélé au cours de la présente étude qu'ils privilégient les aliments énergétiques parce que les fruits et légumes non seulement ne rassasiaient pas, mais étaient plus chers.

Au niveau de la rareté des fruits et des légumes sur le marché, les résultats sont identiques à ceux du ministère de l'agriculture de la Côte d'Ivoire qui a cité dans son rapport annuel 2017 ce facteur comme un véritable obstacle à l'atteinte de la sécurité alimentaire en Côte d'Ivoire. Selon l'analyse

situationnelle de la sécurité alimentaire et nutritionnelle en Côte d'Ivoire (PNN, 2015) plusieurs raisons pourraient expliquer cette situation :

- L'indisponibilité saisonnière des fruits et légumes ;
- La difficile accessibilité aux zones de production du fait du mauvais état des routes ;
- La faible production des cultures vivrières au profit des cultures d'exportations ;
- Les difficultés de conservation des aliments dont les fruits et les légumes.

Concernant la mauvaise qualité des fruits et des légumes deux facteurs sont fortement incriminés dans la littérature (Maigat, 2008). Il s'agit des mauvaises conditions de conservation des fruits et légumes et du murissement forcé des fruits pratiqués par plusieurs commerçants. Le murissement forcé consiste à mettre les fruits dans des sachets en plastique contenant du carbure de calcium pour obtenir le murissement rapide des fruits qui perdent ainsi leurs textures originales et goûts originaux constituant à cet effet un obstacle à la consommation (Amiot, 2007). Par ailleurs du fait de la toxicité du carbure de calcium, ces fruits peuvent mettre en danger la santé des consommateurs comme le souligne Maigat (2008).

Au niveau des allergies aux fruits et légumes, des étudiants ont affirmés que la papaye, l'ananas et le gombo frais provoquent des réactions allergiques chez eux. A cet effet, ils leurs ont été interdits. Il pourrait s'agir du syndrome d'allergie orale (SAO). C'est une réaction immunologique à certaines protéines présentes dans divers fruits et légumes, telles que la papaïne dans la papaye et la bromalaïne dans l'ananas (Drieskens, 2008) et qui constitue effectivement un facteur de faible consommation des fruits et des légumes selon Banwat (2012).

Selon Pauli (2010), ces allergies constituent un véritable obstacle à la consommation des fruits et légumes. Ils expliquent également qu'une introduction progressive des fruits dans l'alimentation depuis l'enfance ou dans l'alimentation de la mère au cours de la grossesse et de l'allaitement, réduirait considérablement les risques de survenue d'allergie alimentaire.

Conscient du fait que tous ces facteurs entraînent une faible consommation, les enquêtés ont proposé trois principales solutions pour l'amélioration de la situation. Il s'agit de la réduction des coûts des fruits et des légumes (65%), de la sensibilisation des étudiants et des restaurateurs (20 %) et de l'assurance de la disponibilité des fruits et légumes de qualité sur les marchés. Ces propositions sont identiques à celles relevées par Tiahou *et al.* (2013) qui ont travaillé en 2013 dans une population ivoirienne et qui ont collecté ces mêmes propositions auprès des chefs de ménages pour

l'amélioration du niveau de consommation de fruits et légumes en Côte d'Ivoire.

Conclusion

Les fruits et légumes sont d'une grande valeur nutritionnelle reconnue, et nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme chez tous. Ils sont encore plus nécessaires chez des sujets vulnérables tels que les étudiants qui fournissent beaucoup d'efforts intellectuels dans des conditions de vie souvent défavorables rencontrées dans nos pays en développement.

La présente étude a révélé une faible consommation des fruits et des légumes dans une population consommant en majorité moins de 5 portions de fruits et légumes par jour. Les facteurs liés à cet état sont l'inhabitude à la consommation, les coûts élevés de fruits et des légumes et l'indisponibilité de fruits et légumes de qualité. Cette situation qui pourrait avoir des graves répercussions sur l'état de santé de ces apprenants à savoir les carences en micronutriments, l'exposition aux maladies chroniques à un âge plus avancé (cancer, diabète, hypertension artérielle, accident vasculaire cérébral etc...). Cette situation se présente comme un problème nutritionnel sérieux qui nécessite la mise en place de stratégies basées sur l'évidence en vue de trouver des solutions immédiates et durables.

Déclaration relative aux participants humains: Cette étude a été approuvée par l'Université Felix Houphouët Boigny de Côte d'Ivoire et les principes de la déclaration d'Helsinki ont été respectés.

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

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

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

References:

1. Amiot-C., Caillavet. F., Causse M, Combris. P., Dallongeville J., Padilla M., (2007). Les fruits et légumes dans l'alimentation enjeux et déterminant de la consommation. NRA : 21- 48. https://belinrae.inrae.fr/doc_num.php?explnum_id=304
2. Amoikon.K.E, Yapi A. N'Guessan. A. (2016).Habitudes alimentaires liées à la survenue de la maladie hémorroïdaire chez les ivoiriens. *European Scientific Journal*. Edition vol.12, No.9 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. doi: 10.19044/esj. 2016.v12n9p36

3. Yapi A , N'Guessan F A , Douh G S P , Kouakou E K V, Aké-Tano S O P and Amoikon K E (2018) . Prospective analysis of the relationship between intestinal parasitic infections and the occurrence of hemorrhoidal disease in a young Ivoirians' population. Volume 2, Issue 6. P15
4. Banwat M. E., Luret A., Dimanche. A. (2012). Connaissance et consommation de fruits et légumes. La consommation chez les adultes dans une communauté urbaine dans le nord du Nigeria centrale. *Le Journal de la santé du Nigéria*, vol. 12, n ° 1, Janvier - Mars, 2012.
5. Conseil National de Nutrition de Côte d'Ivoire. (2015). Plan national de développement sanitaire Côte d'Ivoire 2015- 2020.
6. Collège des Enseignants de Nutrition.(2015). Méthode d'enquête nutritionnelle ISBN 2294723228 pp 66-75.
7. Drieskens, S. (2008). La Science au service de la Santé Publique, de la Sécurité de la chaîne alimentaire et de l'environnement enquête de santé par interview, Belgique 2008.
8. Dwéme Y. M., Pitta P. Mayama P. (2013). La promotion des saines habitudes de santé chez les jeunes immigrants francophones de la région de Toronto et ses environs.pp 121-25.
9. FAO. (2012). Sustainable nutrition security: Restoring the bridge between agriculture and health. Rome. pp 118-119.
10. Inghels,M., Coffie, P.A. et Larmarange, J. (2017).Health care, needs and barriers in seeking medical care for global health and sexual and reproductive health, among students from Félix Houphouët-Boigny University, Abidjan, Côte d'Ivoire. *Rev Epidemiol Sante Publique*.;65(5):369-379.
11. Institut national de statistique de Cote d'ivoire. (2015).Enquête de niveau de vie en Côte D'Ivoire P.85
12. Kouamé G.etEnoh G.(2011). Dynamique de la consommation alimentaire en côte d'ivoire : *Programme de renforcement et de recherche sur la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest et principale tendance, West Africa food security capacity, strengthening and research program*. Résumé n°3.
13. Lioret .S. Dubuisson. C. Gautier. A. H. Perrine. Volatier1 J-L (2004), Comparaison de deux enquêtes nationales de consommation alimentaire auprès des adolescents et des adultes Baromètre santé nutrition.
14. Ministère de l'Enseignement Supérieur de Côte d'Ivoire (2017) Présentation de l'université de Cocody Consulté le 10 /08 /2018 sur [www MERS](http://www.MERS).
15. Maigat. F. (2008) *Fruits au carbure : Le revers du mûrissement forcé*. Essor ,27

16. N'Guessan A F-D ., Yapi A., Ano A., Kouakou E · (2018) prospective analysis of the relationship between dietary habits and the occurrence of hémorroïdal disease in a young ivorians' population ;
17. Pauli G. (2010). Allergènes végétaux alimentaires identifiés (en dehors de l'arachide) Revue Française d'Allergologie Volume 51, Issue 1, January 2011, Pages 56-62.
18. Programme National de la Nutrition Côte d'Ivoire.2015. Situation nutritionnelle en Côte d'Ivoire, rapport d'activité. P.15.
19. Tiahou, G. G., Thoto A.S. etN'guessan A. F – D.2013, évaluation des obstacles liés à la consommation des fruits et légumes à Abobo baoulé. *Thèse de médecine Université de Bouaké* P18- 98.

Conception des apprenants de la classe de terminale D du Collège d'Enseignement Général 1 (CEG 1) Adjarra sur la notion de réflexe

Joachim Hounkpatin
Abdoulaye Chérif Moussiliou
Olatoundé Amand Léonce Affolabi
Eugène Oke

Université d'Abomey-Calavi,
Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques, Bénin

Denise Orange Ravachol

Université de Lille, Centre Interuniversitaire de Recherche en Education de
Lille-Théodile, France

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n30p69](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p69)

Submitted: 08 July 2024

Accepted: 10 October 2024

Published: 31 October 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Hounkpatin J., Moussiliou A.C., Affolabi O.A.L., Oke E. & Ravachol D.O. (2024). *Conception des apprenants de la classe de terminale D du Collège d'Enseignement Général 1 (CEG 1) Adjarra sur la notion de réflexe*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (30), 69. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p69>

Résumé

L'enseignement ne donne pas le résultat attendu lorsque l'enseignant ne tient pas compte de l'apprenant et de sa façon d'apprendre. Le présent article vise à contribuer à l'amélioration de la conception des apprenants sur la notion de réflexe par des pratiques pédagogiques appropriées. L'étude a été effectuée pendant neuf (09) mois au CEG 1 Adjarra. L'échantillonnage a permis de sélectionner 48 apprenants des classes de Terminale D. Deux fiches de questionnaires montrant les renseignements généraux et des problèmes scolaires (étude quantitative) et ouverts (étude qualitative) ont été adressées aux apprenants des classes de Terminale D sous forme d'une évaluation diagnostique. Des grilles de dépouillements et de compilation ont été utilisées. A partir des sondages par des questionnaires adressés aux 48 apprenants de deux classes de terminale D, nous déduisons que les apprenants possèdent de nombreuses conceptions initiales sur les réflexes (50%). Au regard des résultats de l'évaluation diagnostique, nous remarquons que pour

les questions 2 ; 4 et 5 les pourcentages sont supérieurs à 70% et pour les questions 1 et 3 les pourcentages sont supérieurs ou égales à 50% en ce qui concerne les apprenants ayant répondu correctement avec justification. Ces conceptions sont parfois justes, parfois partiellement justes et parfois fausses. Au terme de l'évaluation sommative, nous avons remarqué que le taux de réponses exactes après enseignement est supérieur à 70% ce qui n'est pas le cas au départ. A partir de ces résultats, nous pouvons dire que les conceptions des élèves par rapport aux savoirs construits s'améliorent avec le niveau de connaissance dans le processus Enseignement /Apprentissage /Evaluation. Les résultats issus de cette réflexion nous permettront de faire des suggestions et des recommandations aussi bien au niveau de la prise en compte des conceptions dans la planification des activités d'apprentissage que dans le processus de transformation d'une conception.

Mots-clés: Conception, Réflexe, Apprenants, Processus, Construction

Perceptions of 13th Grade Students at CEG1 Adjarra on the Concept of Reflex

Joachim Hounkpatin
Abdoulaye Chérif Moussiliou
Olatoundé Amand Léonce Affolabi
Eugène Oke

Université d'Abomey-Calavi,
Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques, Bénin

Denise Orange Ravachol
Université de Lille, Centre Interuniversitaire de Recherche en Education de
Lille-Théodile, France

Abstract

Teaching does not give the expected result when the teacher does not take into account the learner and their way of learning. This article aims to the improvement of learners' conception of the notion reflex through appropriate pedagogical practices. The study was carried out during nine (09) months at CEG 1 Adjarra. The sampling made it possible to select 48 learners. Two questionnaire sheets showing general information and academic problems (quantitative study) and open-ended problems (qualitative study) were sent to the learners as a diagnostic assessment. Counting and compilation grids were used. From the theoretical information and the survey by questionnaire addressed to 48 learners of two promotions, we deduce that the learners have many initial conception of the reflexes (50%), these conceptions on the

reflexes, these conceptions are sometimes correct, sometimes moderately correct, sometimes false. Considering the results of the diagnostic evaluation, we note that for questions 2; 4 and 5 the percentages are greater than 70% and for questions 1 and 3 the percentages are greater than or equal to 50% regarding the learners who responded. At the end of the summative evaluation, we noticed that the rate of correct answers after teaching was greater than 70%, which was not the case at the beginning. From these results, we can say that students' conceptions in relation to constructed knowledge improve with the level of knowledge in the Teaching/Learning/Evaluation process. The results of this reflection will enable us to make suggestions both in terms of taking conceptions into account in the planning of learning activities and in the process of transforming a conception.

Keywords: Conception, Reflex, Learners, Process, Construction

Introduction

L'éducation dans toute nation est le premier facteur de construction et de développement aussi bien des hommes que de leur savoir-faire, savoir-être et de leur savoir vivre (Sossa, 2018). En effet, ces dernières décennies, les progrès dans les sciences de l'éducation ont impacté aussi bien les pratiques enseignantes en matière de construction de savoir (Oké, 2012). Cependant, le savoir ne peut être transmis directement des enseignants aux élèves (Agbodjogbé, 2013 et Sossa, 2018). Il doit nécessairement être construit par ces derniers afin d'être bénéfique. Toutefois, les enseignants ont un grand rôle à jouer en ce qui concerne le suivi des élèves durant leur apprentissage. Ils servent donc de guides plutôt que de transmetteurs de savoirs. Dans ce même ordre d'idées, les élèves ont tous un vécu et des connaissances multiples acquises dans leur vie quotidienne avant de parfaire leurs savoirs en milieu scolaire. Leurs conceptions initiales, soit avant tout enseignement formel, peuvent par conséquent créer de l'interférence dans leur apprentissage scolaire. C'est pourquoi la prise en compte des représentations spontanées des élèves doit absolument servir de base à l'enseignement d'un concept (Sossa, 2018). L'utilité de notre recherche consiste à contribuer à l'amélioration de la conception des apprenants sur la notion de réflexe par des pratiques pédagogiques appropriées. Les résultats issus de cette réflexion nous permettront de faire des suggestions et des recommandations aussi bien au niveau de la prise en compte des conceptions dans la planification des activités d'apprentissage que dans le processus de transformation d'une conception.

Notre motivation pour le sujet de cet article vient du fait que les apprenants éprouvent des difficultés dans l'apprentissage des activités basées sur la notion de réflexe (Ansari, 2008; Ansari, 2013; Antonov, 2001) conduisant du coup les enseignants à recourir à plusieurs activités de

réinvestissement en milieu extrascolaire de diverses manières dans l'intention de leur faire maîtriser les connaissances et techniques construites. Afin d'apporter notre contribution aussi modeste qu'elle soit à la résolution de ce problème, nous avons voulu savoir : Quelles sont les connaissances préalables des apprenants de la classe de terminale D sur la notion réflexe ? Quelles sont les difficultés auxquelles sont confrontés les apprenants dans l'apprentissage de la notion de réflexe ? Quelles sont les procédures que les enseignants des SVT peuvent utiliser pour conduire une activité sur les réflexes afin d'améliorer les conceptions des apprenants ?

Méthodes

Milieu d'étude

L'étude a été effectuée pendant neuf (09) mois au CEG 1 Adjara. Ce CEG est situé au quartier Honvè-gbéra dans l'arrondissement d'Adjara 1, Commune d'Adjara. La commune d'Adjara s'étend sur 112 km² soit 0,07 % du territoire national, elle se trouve à environ 7km de Porto-Novo, à environ 38 km de Cotonou et à la frontière Bénino-Nigériane à l'Etat. Elle est limitée au Nord par la commune d'Avrankou, au Sud par la Commune de Sèmè- Podji et à l'Ouest par la Commune de Porto-Novo. La ville compte six arrondissements : Adjara I, Adjara II, Aglogbè, Honvié, Malanhoui et Medédjonou. Elle compte 48 villages et quartiers de ville. Les Arrondissements d'Adjara I, Adjara II et Honvié forment la ville d'Adjara. Le CEG 1 Adjara a été créé en 1971 par Monsieur MITOUN Joseph et dirigé actuellement par Monsieur AHITOHZIN Pierre. Cette année scolaire 2018-2019, le CEG compte un effectif de trois mille huit cent cinquante - et - un (3851) élèves repartis dans soixante dix-sept (77) groupes pédagogiques allant de la classe de 6^{ème} en classe de Terminale (Tableau 1).

Tableau 1: répartition des groupes pédagogiques du CEG1 Adjara

Classes	6 ^{ème}	5 ^{ème}	4 ^{ème}	3 ^{ème}	2 nd	1 ^{ère}	Tle	Total
Nombre de groupes pédagogiques	13	12	13	16	7	8	8	77
Effectifs	667	662	660	815	311	326	380	3851

L'encadrement pédagogique en SVT est assuré par quarante-trois (43) professeurs dont trois (03) interviennent en Terminale D ; ces professeurs appartiennent à différentes catégories (Tableau 2).

Tableau 2 : effectif du personnel enseignant des SVT du CEG1 Adjara

Catégories	Agents permanents d'état (APE)	Agents contractuels d'état (ACE)	Vacataires	Total
Effectifs	02	05	36	43

Population cible et échantillonnage

Pour atteindre les objectifs de notre étude, nous avons adopté une méthodologie fondée sur une évaluation diagnostique pour connaître le niveau

de connaissance initiale des apprenants en ce qui concerne la notion de réflexe. Cette recherche est basée sur une approche mixte car elle est aussi bien quantitative que qualitative.

L'échantillonnage a permis de sélectionner 48 apprenants des classes de Terminale D comme classe témoin est défini à partir des critères d'élimination centrés sur les conditions ci-après :

- Avoir fait les mêmes classes de troisième dans le même collège ;
- Être passant de la première en Terminale D ;
- Avoir été formé suivant l'Approche Pédagogique par Compétence (APC), par le même professeur.

Corpus et traitement des données

Outils de recueil des données

Notre cible est une population constituée des apprenants qui savent lire et écrire et qui peuvent nous fournir des informations relatives à notre sujet d'étude grâce aux fiches de questionnaires. Ainsi, deux fiches de questionnaires ont été élaborées et adressées aux apprenants des classes de Terminale D sous forme d'une évaluation diagnostique. Cette fiche comporte une première partie montrant les renseignements généraux permettant de définir l'échantillonnage et une deuxième partie comportant des problèmes scolaires et ouverts, montrant une série de questions mettant en jeu progressivement les concepts définissant respectivement différentes conceptions de l'objet d'investigation. Elles ont été distribuées main à main au hasard lors des séances de classe sous la permission de leurs professeurs. Ces apprenants ont répondu séance tenante et les données ont été immédiatement collectées. Notre corpus est constitué essentiellement des productions des apprenants dans la résolution des différentes questions mettant en jeu l'objet dans des conceptions différentes (scientifique et empirique) et respectivement dans des situations différentes. Des fiches d'évaluation ont été adressées aux apprenants (Tableau 3).

Tableau 3 : Fiches d'évaluation des apprenants

1- Informations générales	
Année scolaire	Classe
Etablissement	Série
Statuts : Ancien(ne) <input type="checkbox"/>	Nouveau <input type="checkbox"/>
2- Indicateurs pédagogiques	
Classe de 3 ^{ème} faite	
Année scolaire	

Problème scolaire et problème ouvert

Problème scolaire

Contexte : Une personne pose par mégarde son pied sur un objet pointu. Avant d'avoir pris conscience de ce qui lui arrive ; elle retire immédiatement le pied par une flexion de la jambe. On parle de réflexe. L'arc réflexe correspond au trajet suivi par l'influx nerveux déclenché par le stimulus. Suite au stimulus, l'influx nerveux naît au niveau d'un récepteur sensoriel excité. Il est transmis par un nerf sensitif à un centre nerveux qui l'intègre et renvoie à son tour, un message nerveux via un nerf moteur, à un organe effecteur (muscle ou glande). Celui-ci répond alors de façon adaptée.

Tâche : Utilisez les informations du contexte et vos conceptions pour répondre aux consignes suivantes

Consignes	Réponses	Justifications
1-Selon vous qu'appelle-t-on réflexe ?		
2-Quels sont les organes impliqués dans un réflexe ?		
3-Quels sont les types de réflexes que vous connaissez ?		
4-Quels sont les centres nerveux impliqués dans les réflexes ?		
5-Quelles différences faites-vous entre "Arc réflexe" et "l'acte réflexe" ?		

Problème ouvert

- Contexte** : Dans la vie courante l'homme exerce au quotidien plusieurs activités ou pose des actes parmi lesquels nous avons : Jouer au football : c'est se préparer, courir et tirer au but.
- Saliver à la vue d'une nourriture appétissante.
- Le gardien de but arrête le ballon « sans y penser ».
- Porter un verre à la bouche.
- Cueillir une mangue mûre.
- Couler des larmes en épluchant l'oignon.

Tâche : Utilisez les informations du contexte et vos conceptions pour répondre aux consignes suivantes

Consignes	Réponses	Justification
1- Parmi les activités ou actes ci-dessus, Quels sont ceux qui sont réflexes ?		
2- Identifier les activités ou actes qui ne sont pas des réflexes ?		
3- Choisir la bonne réponse parmi celles proposées		
4- Un Réflexe est un : a. mouvement volontaire b. mouvement involontaire c. mouvement acquis d. mouvement inné		

5- Choisir la ou les bonnes réponses Plusieurs éléments sont impliqués dans la réalisation d'un reflexe. Il s'agit de : a. d'un centre nerveux ; b. des macrophages ; c. Les nerfs ou conducteurs nerveux ; d. des lymphocytes ; e. les effecteurs ; f. d'un récepteur sensoriel.		
--	--	--

Procédure d'administration de l'évaluation

Au niveau des apprenants, les fiches ont été collectées par le biais des collègues des SVT qui interviennent dans ces classes. Cette procédure nous a permis de limiter les pertes de fiches avant et après l'enseignement afin de vérifier la conception des apprenants de la classe de terminale D sur la notion de réflexe.

Collecte des données

Dans le cadre de cette recherche, nous avons utilisé deux méthodes pour collecter les données. La première méthode est la recherche documentaire pour collecter les données théoriques relatives à notre sujet ; La deuxième méthode est le sondage par les questionnaires adressés respectivement aux apprenants des deux promotions. Le questionnaire comporte deux séries de questions : une série de questions de problème scolaire (étude quantitative) et une série de questions de problème ouverte (étude qualitative).

Traitement de données

Nous avons réalisé le dépouillement manuel des fiches d'enquête afin de faciliter et de s'approprier les analyses. Les informations recueillies sont regroupées par cibles et récapitulées dans les tableaux de synthèses. A cet effet nous avons conçus des grilles de dépouillements et de compilation.

Suite à la correction des copies de l'évaluation diagnostique nous avons procédé à une catégorisation des productions des apprenants par attribution des notes pour les apprenants ayant donné une bonne réponse et ceux ayant donné une réponse fausse. La répartition est faite de sorte que les apprenants sont repartis en deux groupes sur le plan intellectuel.

- Un premier groupe comportant les apprenants ayant donné des réponses correctes ou peu correctes ou incorrectes aux problèmes scolaires.
- Un second groupe comportant des apprenants ayant des réponses correctes ou peu correctes ou incorrectes aux problèmes ouverts.

- Ensuite nous avons procédé pour finir à la présentation des résultats statistiques de chaque groupe et leurs interprétations, à la comparaison et l'analyse des résultats des deux groupes et tout ceci couronné par la conclusion relative à l'efficacité de la solution apportée.

Résultats et discussion

Les copies sont relatives à l'évaluation diagnostique et à l'évaluation sommative. Les problèmes scolaires sont relatifs à l'évaluation diagnostique pour voir leur conception sur la notion de reflexe. Les problèmes ouverts sont relatifs à l'évaluation sommative après la prise en compte de leurs conceptions dans l'enseignement apprentissage sur la notion de reflexe.

Evaluation diagnostique

La résolution du problème scolaire par les apprenants du groupe 1 est notée G1. Les résultats possibles sont présentés suivant les profils. Certains apprenants de ce groupe répondent aux questions en donnant des réponses correctes et justifiées. Ils sont catégorisés suivant le profil G1X₁. D'autres répondent en donnant des réponses peu correctes sans justification. Ils sont désignés par le profil G1X₂. Une partie de ce groupe d'apprenants répondent aux questions en donnant des réponses incorrectes sans justification. Cette catégorie d'apprenant est désignée par le profil G1X₃.

La figure 1 présente une vue d'ensemble du plan conceptuel général de notre recherche :

G1 : Catégorise les apprenants du groupe 1 dans la résolution du problème scolaire.

G1 X1 : Traitement subit par une première partie du groupe1 ; (Les apprenants qui ont donné des réponses correctes avec justification).

G1X2 : Traitement subit par une seconde partie du groupe1; (Les apprenants qui ont donné des réponses peu correctes sans justification)

G1X3 : Traitement subit par une troisième partie du groupe1. (Les apprenants qui ont donné des réponses incorrectes sans justification)

- Une réponse est considérée comme correcte lorsqu'elle est satisfaisante.
- Une réponse est considérée comme peu correcte lorsqu'elle est moins satisfaisante.
- Une réponse est considérée comme incorrecte lorsqu'elle n'est satisfaisante.

Question 1: Les résultats obtenus montrent que 25 élèves sur 48 ont donné des réponses peu correctes avec justification soit un pourcentage de 52,08%. 17 sur 48 ont donné une réponse moyennement correcte sans

justification avec un pourcentage 35,42%. 06 sur 48 ont donné des réponses incorrectes sans justification pour un pourcentage de 12,50%.

Question 2: Les résultats obtenus montrent que 40 élèves sur 48 ont donné des réponses correctes avec justification avec un pourcentage de 83,33%. 05 sur 48 ont donné une réponse moyennement correcte sans justification soit un pourcentage de 10,42%. 03 sur 48 ont donné des réponses inexacts sans justification pour un pourcentage de 06,25%.

Question 3: Les résultats obtenus montre que 24 élèves sur 48 ont donné des réponses correctes avec justification avec un pourcentage de 50%. 20 sur 48 ont donné une réponse peu correcte sans justification soit un pourcentage de 41,67%. 04 sur 48 ont donné des réponses incorrectes sans justification pour un pourcentage de 08,33%.

Question 4: Les résultats obtenus montrent que 38 élèves sur 48 ont donné des réponses correctes avec justification avec un pourcentage de 79,17%. 09 sur 48 ont donné des réponses peu correctes sans justification soit un pourcentage de 18,75%. 01 sur 48 ont donné des réponses incorrectes sans justification pour un pourcentage de 02,08%.

Question 5: Les résultats obtenus montrent que 35 élèves sur 48 ont donné des réponses correctes avec justification avec un pourcentage de 72,92%. 11 sur 48 ont donné des réponses peu correctes sans justification soit un pourcentage de 22,92%. 02 sur 48 ont donné des réponses incorrectes sans justification pour un pourcentage de 04,16%.

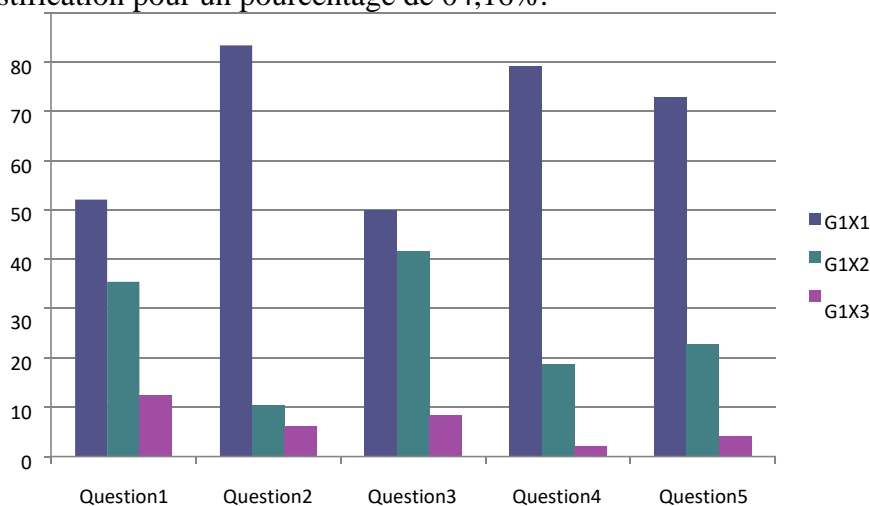


Figure 1 : Résultats de l'évaluation diagnostique

Evaluation sommative

La résolution du problème ouvert par les apprenants du même groupe 1 suite à l'évaluation diagnostique permet de les catégoriser dans un autre groupe noté G2, les résultats possibles sont présentés suivant les profils.

Certains apprenants de ce groupe se sont améliorés en répondant très bien aux questions en donnant des réponses justifiées. Ils sont catégorisés suivant le profil G2X₁. D'autres répondent en donnant des réponses peu correctes sans justification. Ils sont catégorisés par le profil G2X₂. Une partie de ce groupe d'apprenants répondent aux questions en donnant des réponses incorrectes sans justification. Cette catégorie d'apprenant est désignée par le profil G2X₃.

La figure 2 présente une vue d'ensemble du plan conceptuel général de notre recherche :

G2 : Catégorise les apprenants du groupe 1 dans la résolution du problème ouvert.

G2 X₁ : Traitement subit par les apprenants du groupe1 après l'évaluation diagnostique ; (Les apprenants qui ont donné des réponses correctes avec justification).

G2X₂ : Traitement subit par une seconde partie du groupe1 après l'évaluation diagnostique ; (Les apprenants qui ont donné des réponses peu correctes sans justification).

G2X₃ : Traitement subit par une troisième partie du groupe1 après l'évaluation diagnostique. (Les apprenants qui ont donné des réponses incorrectes sans justification).

Question 1: Les résultats obtenus montrent que 38 élèves ont donné des réponses correctes à la question sur les 48, soit un taux de 79,17%. 09 apprenants sur 48 ont donné des réponses peu correctes sans justification soit 18,75% et 01 sur 48 ont donné des réponses incorrectes sans justification soit 02,08%.

Question 2: Les résultats obtenus montrent que 40 élèves ont donné des réponses correctes à la question sur les 48, soit un taux de 83,33%. 05 apprenants sur 48 ont donné des réponses peu correctes sans justification soit 10,42% et 03 sur 48 ont donné des réponses incorrectes et justification soit 06,25%.

Question 3: Les résultats obtenus montrent que 43 élèves ont donné des réponses correctes à la question sur les 48, soit un taux de 89,59%. 04 apprenants sur 48 ont donné des réponses peu correctes sans justification soit 08,33% et 01 sur 48 ont donné des réponses incorrectes sans justification soit 02,08%.

Question 4: Les résultats obtenus montrent que 38 élèves ont donné des réponses correctes à la question sur les 48, soit un taux de 79,17%. 09 apprenants sur 48 ont donné des réponses peu correctes sans justification soit 18,75% et 01 sur 48 ont donné des réponses incorrectes sans justification soit 02,08%.

Question 5: Les résultats obtenus montrent que 35 élèves ont donné des réponses correctes à la question sur les 48, soit un taux de 72,92%. 11 apprenants sur 48 ont donné des réponses peu correctes sans justification soit

22,92% et 04 sur 48 ont donné des réponses incorrectes avec justification soit 04,16%.

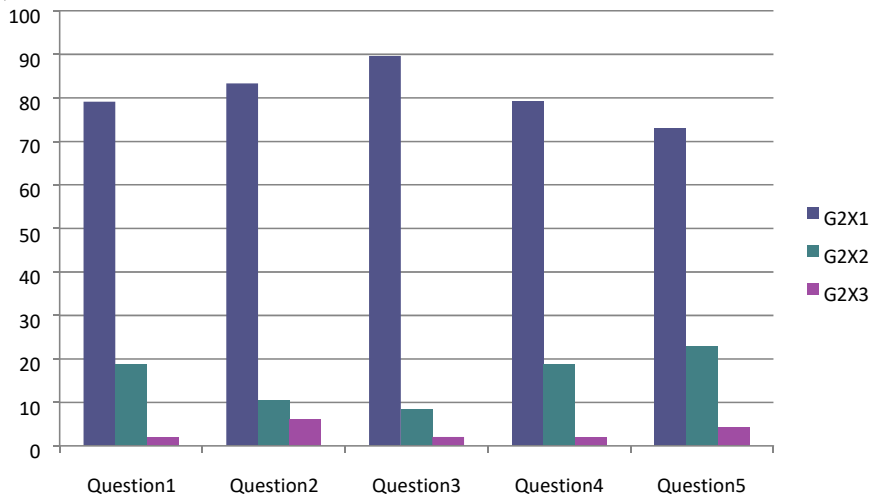


Figure 2 : Résultats de l'évaluation sommative

Au regard des résultats de l'évaluation diagnostique, nous remarquons que pour les questions 2 ; 4 et 5 les pourcentages sont supérieurs à 70% et pour les questions 1 et 3 les pourcentages sont supérieurs ou égales à 50% en ce qui concerne les apprenants ayant répondu correctement avec justification. Pour ceux ayant répondu de façon peu correcte sans justification les pourcentages des questions 1 et 3 sont supérieurs à 35% alors que les pourcentages des questions 2 ; 4 et 5 sont supérieurs à 10%. Par contre, d'autres apprenants ont donné des réponses incorrectes sans justification mais présentent un pourcentage supérieur à 10% pour la question 1 et inférieur à 10% pour les questions 2 ; 3 ; 4 et 5. Après apprentissage le taux des réponses correctes avec justification des élèves ayant répondu aux questions 2 et 3 a augmenté de plus de 80% tandis que ceux ayant répondu aux questions 1 ; 4 et 5 leurs pourcentages dépassent les 75%. Ceux ayant répondu de façon peu correcte avec justification, leurs pourcentages ont diminué. Ainsi que ceux qui ont donné des réponses incorrectes sans justification. Cela s'explique par le fait que les apprenants ont su s'appliquer après le cours en construisant le savoir-faire. Nous remarquons que dans le groupe 2 le taux de réponses correctes avec justification avoisine les 80% pour toutes les questions. Ce qui veut dire que ces élèves maîtrisent les notions enseignées lors des séances de cours qu'ils ont su appliquer. Les conceptions ont donc eu un impact positif car la prise en compte de la conception relative à la notion de réflexe introduite dans les connaissances et techniques de la classe de la Terminale D après le cours ont rendu plus opérationnels les savoirs construits et ont permis d'accroître la performance de ces apprenants. La figure 6 montre une

approximation des taux de réussite et de performance dans la résolution des questions de définition montrant les conceptions scientifiques par rapport à la notion de réflexe. Après une séquence d'apprentissage sur cette notion en classe de Terminale D, les mêmes conceptions scientifiques absolues très peu relatives par rapport à la notion de réflexe sont devenues relatives. Les taux de réussite ne varient pas suivant les complexités des énoncés, ce qui prouve que les savoirs construits ne sont pas opérationnels et ne montrent une stabilité des conceptions scientifiques. Les sciences de la vie et de la terre sont avant tout des sciences expérimentales et doivent s'enseigner comme telles. La qualité de l'enseignement de cette discipline dépend donc des conceptions initiales des élèves. En effet, pour la mise en œuvre des conceptions des élèves par rapport aux savoirs construits sur la notion de réflexe dans le processus Enseignement /Apprentissage / Evaluation dans les classes de Terminales D, au CEG 1 Adjarra, nous avons pu définir un échantillon de 48 élèves qu'on a successivement évalué avant et après une séquence de classe sur l'E/A de la notion de réflexe. Au terme de l'évaluation diagnostique, nous avons remarqué que les élèves de la Terminale D avaient quelques notions dont le taux de pourcentage était supérieur ou égal à 50% au début de l'évaluation. Au regard de ces résultats, nous pouvons estimer que les élèves de la Terminale D possèdent quelques notions grâce à ce qu'ils ont acquis depuis la classe de 3^{ème}. Au terme de l'évaluation sommative, nous avons remarqué que le taux de réponses exactes après enseignement est supérieur à 70% ce qui n'est pas le cas au départ. D'après Giordan et De Vecchi (1987) et Martinand (1994) qui définissent la conception comme un ensemble de connaissances spontanées qui représentent les modèles des élèves et leurs grilles de lecture de la réalité. Astofi et al (1997) qui selon eux toutes les conceptions d'un élève fonctionnent comme un système d'interprétation des situations scientifiques rencontrées. Et au regard de ces résultats, nous pouvons estimer qu'après enseignement, le niveau des élèves n'est plus le même qu'au départ. Donc, les savoirs construits au début et après ne sont plus les mêmes par rapport à la notion de réflexe dans les classes de Terminale D. Ceci prouve que les élèves ont mieux compris la notion de réflexe grâce à la prise en compte de leurs conceptions initiales. C'est dans ce même ordre idée que s'inscrit Astofi et al (1997). A partir de ces résultats, nous pouvons dire que les conceptions des élèves par rapport aux savoirs construits s'améliorent avec le niveau de connaissance dans le processus Enseignement /Apprentissage /Evaluation des sciences de la vie et de la terre (SVT) car elles permettent aux élèves de bien comprendre les notions enseignées et de développer les capacités au fil de leur scolarité. Les difficultés rencontrées dans le cadre de ce travail sont de plusieurs ordres : - la distribution des questionnaires aux apprenants ; - la modification du calendrier scolaire. A toutes ces difficultés s'ajoute, celle de la documentation. Pour les enseignants, il est important de ne pas oublier que

les élèves n'arrivent pas dans la classe la tête vide. Ils disposent en effet de beaucoup d'idées et croient connaître le fonctionnement des choses. Leurs modèles explicatifs ayant déjà fait leurs preuves à de nombreuses reprises, ils risquent de perdurer après l'enseignement si nous ne les prenons pas en considération. Giordan et De Vecchi (1987) suggèrent de récolter les représentations de ces élèves afin de faire avec pour aller contre. Cela signifie donc de les prendre en considération pour amener les élèves à se rendre compte de leur invalidité (Andrade et al., 2016). En les investissant dans de nouveaux contextes et de nouvelles situations, les élèves doivent être choqués et se rendre compte par eux-mêmes que leurs idées comportent des limites et ne sont plus valables. En intéressant de près aux conceptions des élèves, en les récoltant grâce à des méthodes telles que l'évaluation ou les discussions, l'enseignant accède aux structures sous-jacentes de ces élèves et peut alors comprendre leur manière de penser et de raisonner (faire un état des lieux, notamment grâce à une évaluation diagnostique). Ainsi, il est possible d'anticiper sur les obstacles qui pourraient se dresser lors de l'apprentissage. Lorsque l'enseignant planifie son cours, Giordan et De Vecchi (1987) conseille de prévoir une entrée, puis imaginer plusieurs possibilités pour poursuivre l'enseignement. La piste idéale serait alors choisie en fonction des interrogations des élèves, davantage pris en considération dans l'enseignement. Leur motivation serait plus conséquente. Un enseignement qui oublie les représentations des élèves empêche ces derniers de construire leurs savoirs et de tisser les liens entre les éléments. Des connaissances en îlots sans lien ni cohérence entre elles découlent d'un tel enseignement. Pour résumer, la tâche de l'enseignant consiste à intéresser aux idées de ces élèves avant de commencer l'enseignement d'un nouveau thème (à l'aide de technique comme l'évaluation diagnostique par exemple) (Giordan et De Vecchi 1987). En organisant de nouvelles situations, choisies en fonction des représentations des apprenants, il peut alors faire prendre conscience à ces élèves des limites de leurs conceptions pour qu'ils se rendent compte par eux-mêmes de leur invalidité. La base pour le nouvel enseignement est alors plus solide et ces fausses représentations risqueront moins de ressurgir après l'enseignement.

Conclusion

Le travail mené a été enrichissant. Il nous a permis de consolider nos connaissances sur les notions de conceptions et le savoir construit des apprenants sur la notion de réflexe. Il nous a également permis d'apercevoir de l'importance de prendre en compte les conceptions initiales des élèves lors d'une nouvelle séquence d'apprentissage. Effectivement, ceci est tout aussi important pour motiver les élèves que pour réussir à faire acquérir de nouveaux savoirs. Bien qu'adepte des sciences en générale, la démarche

Enseignement/Apprentissage était jusqu'à présent pour nous relativement floue. Cela représente une posture pédagogique qui demande plus de temps qu'une séquence d'apprentissage menée dans des situations plus classiques mais la motivation et l'intérêt des élèves pour effectuer des expérimentations et travailler à partir d'observation du réel est constant. La démarche est réellement intéressante dans le cadre d'un enseignement efficace et nous pensons qu'il peut être judicieux d'intégrer ce type de pédagogie dans l'enseignement d'autres disciplines outre les sciences. Le déroulement des sciences, les postures de l'enseignant et des élèves, les compétences et savoir-faire travaillés sont exploitables pour bien d'autres séquences d'apprentissages dans des matières aussi variées. Bien entendu, il faut savoir en faire une utilisation raisonnée pour être en mesure d'aborder l'ensemble des programmes prévus durant une année scolaire.

Remerciements : Nos remerciements vont à l'endroit des apprenants du CEG 1 Adjarra pour leur participation active à l'étude.

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

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

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

Etudes humaines : L'étude a été approuvée par les autorités du CEG 1 Adjarra. Approbations obtenues auprès du collectif des enseignants des SVT et du collectif des apprenants (consentement, anonymat, etc.) suivies.

References:

1. Agbodjobgé, B. (2013). L'implémentation des nouveaux programmes par compétences au Bénin : des textes officiels aux pratiques d'enseignement. Analyses didactiques en Éducation Physique et Sportive et en Sciences de la Vie et de la Terre en classe de 5e, Thèse de science de l'éducation, Université de Toulouse 2 - Le Mirail, 542 p.
2. Andrade, R.J., Lacourpaille, L., Freitas, S.R., McNair, PJ, Nordez. A. (2016). Effects of hip and head position on ankle range of motion, ankle passive torque, and passive gastrocnemius tension. Scand J Med Sci Sports, 26(1), 41-7.
3. Ansari, N.N., Naghdi, S., Hasson, S., Azarsa, M.H., Azarnia, S. (2008). The Modified Tardieu Scale for the measurement of elbow

- flexor spasticity in adult patients with hemiplegia. *Brain Inj*, 22(13-14),1007–12.
4. Ansari, N.N., Naghdi, S., Hasson, S., Rastgoo, M., Amini, M., Forogh, B. (2013). Clinical assessment of ankle plantarflexor spasticity in adult patients after stroke: inter-and intra-rater reliability of the Modified Tardieu Scale. *Brain Inj*, 27(5), 605–12.
 5. Antonov, I., Antonova, I., Kandel, E.R., Hawkins, R.D. (2001). The contribution of activity-dependent synaptic plasticity to classical conditioning in *Aplysia*. *J Neurosci*, 21(16), 6413-22.
 6. Astolfi, J.-P., Darot, É, Ginsburger-Vogel, Y. et Toussaint, J. (1997). Mots-clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies, Bruxelles, De Boeck.
 7. Giordan, A. & De Vecchi, G. (1987). Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques, Neuchâtel Paris, Delachaux et Niestlé.
 8. Martinand, J.-L. (1994) La didactique des sciences et de la technologie et la formation des enseignants, Aster (INRP),19, 61-75.
 9. Oké, E. (2012). Étude des activités d'enseignants et d'élèves en classe de physique par l'analyse des interactions verbales : Étude de cas en 3^{ème} et 2^{nde} (Thèse de doctorat). Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques, Université d'Abomey-Calavi.
 10. Sossa, B. (2018). Des pratiques d'enseignement des mathématiques au Bénin : contraintes et marges de manœuvre dans des études de cas en seconde scientifique (Thèse de Doctorat). Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques, Université d'Abomey-Calavi. 248 p.

Résultats du traitement chirurgical des fractures des plateaux tibiaux au Centre Hospitalier Universitaire la renaissance de N'Djamena à propos de 35 cas

Magloire Dingamnodji

Service de chirurgie Orthopédique et traumatologie du CHU la renaissance,
Faculté de médecine de l'Université Adam Barka d'Abéché (UNABA)

Valentin Andjeffa

Daniel Adendjingue Mossalmbaye

Faculté des sciences de la santé humaine de l'université de N'djaména
(FSSH), service de chirurgie Orthopédique et traumatologie du CHU de
référence Nationale (CHU RN)

Siniki Fandebnet

Christophe Hassia

Barakel Vlei-Aye

Service de chirurgie Orthopédique et traumatologie du CHU la renaissance,
Faculté des sciences de la santé humaine de l'université de N'djaména
(FSSH)

Ngamai Kotyade

Service de chirurgie Orthopédique et traumatologie du CHU la renaissance,
Faculté de médecine de l'Université Adam Barka d'Abéché, (UNABA)

Edmond Tapsoba

Service de chirurgie Orthopédique et traumatologie du Centre Hospitalier
Régional de Tenkodogo au Burkina Faso

Mohamed Tall

Chef de service de chirurgie orthopédique et traumatologique au CHU de
bogodogo à Ouagadougou, Faculté de médecine à l'université Joseph Ki
Zerbo, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n30p84](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p84)

Submitted: 23 July 2024

Accepted: 07 October 2024

Published: 31 October 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Dingamnodji M., Andjeffa V., Mossalmbaye D.A., Fandebnet S., Hassia C., Vlei-Aye B., Kotyade N., Tapsoba E. & Tall M. (2024). *Résultats du traitement chirurgical des fractures des plateaux tibiaux au Centre Hospitalier Universitaire la renaissance de N'Djamena à propos de 35 cas*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (30), 84.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p84>

Résumé

Objectif : Le but de notre travail était d'évaluer les résultats fonctionnels et anatomiques du traitement chirurgical des fractures des plateaux tibiaux. **Patients et Méthode :** Il s'est agi d'une étude transversale à visée descriptive réalisée dans le service de chirurgie orthopédique et traumatologique du CHU la renaissance de N'Djamena sur une période allant du 1^{er} janvier 2019 au 31 Décembre 2022. Tous les patients d'âge supérieur ou égal à 18 ans de deux sexes avec un dossier clinique complet étaient inclus. Les lésions ont été classées selon SCHATZKER et les résultats anatomiques et fonctionnels ont été évalués selon le score de MERLE D'Aubigné et MAZES. **Résultats :** La fréquence des fractures des plateaux tibiaux était de 10,80% dans notre série (35cas). L'âge moyen était de 44,6 (18 et 73 ans) avec une prédominance masculine (80%); le sex ratio était de 4. Les étiologies étaient dominées par les AVP (80%) suivis des accidents domestiques chez 07 patients (20%). L'Atteinte du côté gauche était retrouvée chez 20 patients (57,10%). Les types II et V de la classification SCHATZKER étaient retrouvés dans 15 cas (42,8%) et 11 cas (31,4%). Dans 80,7% de cas, les patients étaient opérés dans les cinq premiers jours. L'abord chirurgical de type GERNEZ externe était réalisé dans 57,14% et l'ostéosynthèse par plaque visée était réalisée dans 94,23% des cas. Dans 31,4% des cas, les patients avaient bénéficiés d'une greffe osseuse, la rééducation a été débutée précocement chez 82,90% (n=29). Les critères anatomiques étaient bons dans 22cas (62,90%). Nous avons 45,70% (16) des cas de très bon résultat fonctionnel et 42,90 (15) des cas de bon résultat. **Conclusion :** Le traitement chirurgical a été le meilleur traitement possible au vu du caractère articulaire de ces fractures et a présenté de meilleurs résultats anatomiques et fonctionnels.

Mots-clés: Traitement chirurgical – résultats -plateau tibial -N'djamena

Results of Surgical Treatment for Tibial Plateau Fractures at the University Hospital Center La Renaissance in N'Djamena: A Study of 35 Cases

Magloire Dingamnodji

Service de chirurgie Orthopédique et traumatologie du CHU la renaissance,
Faculté de médecine de l'Université Adam Barka d'Abéché (UNABA)

Valentin Andjeffa

Daniel Adendjingue Mossalmbaye

Faculté des sciences de la santé humaine de l'université de N'djaména
(FSSH), service de chirurgie Orthopédique et traumatologie du CHU de
référence Nationale (CHU RN)

Siniki Fandebnet

Christophe Hassia

Barakel Vlei-Aye

Service de chirurgie Orthopédique et traumatologie du CHU la renaissance,
Faculté des sciences de la santé humaine de l'université de N'djaména
(FSSH)

Ngamai Kotyade

Service de chirurgie Orthopédique et traumatologie du CHU la renaissance,
Faculté de médecine de l'Université Adam Barka d'Abéché, (UNABA)

Edmond Tapsoba

Service de chirurgie Orthopédique et traumatologie du Centre Hospitalier
Régional de Tenkodogo au Burkina Faso

Mohamed Tall

Chef de service de chirurgie orthopédique et traumatologique au CHU de
bogodogo à Ouagadougou, Faculté de médecine à l'université Joseph Ki
Zerbo, Burkina Faso

Abstract

Objective: The aim of our study was to evaluate the functional and anatomical outcomes of surgical treatment for tibial plateau fractures. **Patients and Method:** This was a descriptive cross-sectional study conducted in the orthopedic and trauma surgery department of CHU La Renaissance in N'Djamena from January 1, 2019, to December 31, 2022. All patients aged 18 years and older of both sexes with a complete clinical file were included. The injuries were classified according to SCHATZKER, and the anatomical and functional outcomes were evaluated using the MERLE D'Aubigné and MAZES scores. **Results:** The frequency of tibial plateau fractures was 10.80% in our series (35 cases). The mean age was 44.6 years (ranging from 18 to 73),

with a male predominance (80%); the sex ratio was 4. The main etiology was traffic accidents (80%), followed by domestic accidents in 7 patients (20%). Left-side injuries were found in 20 patients (57.10%). Types II and V of the SCHATZKER classification were found in 15 cases (42.8%) and 11 cases (31.4%), respectively. In 80.7% of cases, patients were operated on within the first five days. The external GERNEZ approach was performed in 57.14% of cases, and plate fixation was carried out in 94.23% of cases. Bone grafting was performed in 31.4% of patients, and rehabilitation was initiated early in 82.90% (n=29). Anatomical criteria were good in 22 cases (62.90%). We observed 45.70% (16 cases) with very good functional outcomes and 42.90% (15 cases) with good outcomes. **Conclusion:** Surgical treatment was the best option given the articular nature of these fractures and resulted in better anatomical and functional outcomes.

Keywords: Surgical treatment – outcomes – tibial plateau – N'Djamena

Introduction

Les fractures des plateaux tibiaux sont des fractures articulaires intéressant le bloc épiphyso métaphysaire proximal du tibia (Huec, 2018). Elles représentent 25% des fractures du tibia (Donavan, 2022). C'est un problème fréquent en pathologie routière (Huec, 2018). La gravité de ces lésions et la complexité de leur prise en charge dépendent de la force vulnérante qui s'exerce sur le membre (Essoh, 2016). Le traitement chirurgical reste le goal standard pour ces lésions et doit être entrepris précocement, avec une réduction anatomique et une contention solide permettant une rééducation précoce. Le but de notre travail était d'évaluer les résultats fonctionnels et anatomiques du traitement chirurgical des fractures des plateaux tibiaux dans le service de chirurgie orthopédique et traumatologique du Centre Hospitalier Universitaire la Renaissance de N'Djamena.

Patients et Methode

Nous avons mené une étude transversale à visée descriptive mono centrique sur une période de 48 mois allant du 1^{er} janvier 2019 au 31 décembre 2022 ayant été porté sur les dossiers des patients colligés. Etaient inclus tous patients d'âge supérieur ou égal 18 ans de deux sexes, admis dans le service pour une fracture du plateau tibial durant la période d'étude et ayant été traité chirurgicalement. Les patients âgés de moins de 18 ans, les patients traités de manière non chirurgicale et les patients admis pour une fracture du tibia proximal extra articulaire n'ont pas été considéré. Le bilan radiographie de face et profil du genou traumatisé (figure 1) est réalisé chez tous les patients. La tomodynamométrie en cas des fractures complexes (figure 2).



Figure 1 : radiographie standard du genou droit face (A) et profil (B) montrant une fracture comminutive des plateaux tibiaux droit (source : image du service de chirurgie orthopédique et traumatologique du CHU la renaissance)

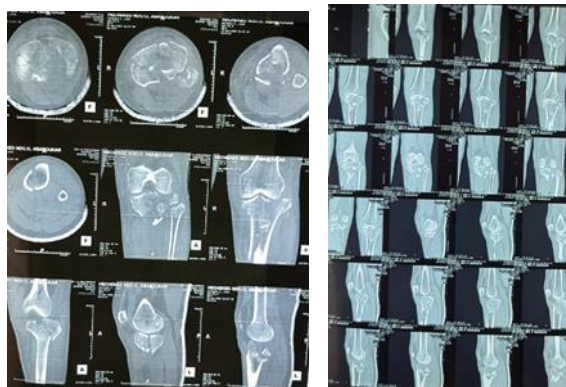


Figure 2 : image scanographique



Figure 3 : Rx de contrôle genou gauche satisfaisant
(Source : image du service de chirurgie orthopédique et traumatologique du CHU la renaissance)



Figure 4 : Rx de contrôle après consolidation et ablation du matériel d'ostéosynthèse
(Source : image du service de chirurgie orthopédique et traumatologique du CHU la renaissance)

Resultats

Nous avons colligé 35 cas de fractures de plateau tibial réalisant une fréquence 10,80%. L'âge moyen était de 44,6 ans avec des extrêmes de 18 et 73 ans avec une prédominance masculine 80%, le sex ratio était de 4. Les étiologies sont dominées par les accidents des circulations routières dans 75% des cas. Toutes les fractures étaient fermées et l'état cutané a été évalué par la classification de Tscherné et Götzen (tableau I) et les lésions osseuses par la classification de Schatzker (tableau II). L'atteinte du côté gauche était retrouvée chez 20 patients (57,10%). La majorité des patients était opérée dans les 05 premiers jours. Onze patients (31,40%) avaient bénéficié d'une greffe osseuse prélevée au dépend de la table interne de la crête iliaque. L'abord chirurgical type Gernez externe était réalisé chez 20 patients (57,14%), l'abord double Gernez interne et externe chez 10 patients (28,57%) et interne chez 3 patients (8,60%). Deux lésions ont été vissées en percutané. L'ostéosynthèse par plaque visée type Dynamic Compression plate (DCP) en «L» et «T» était réalisée dans 94,28 % des cas (n=33). la radiographie de contrôle était systématique (figure 3). La consolidation a été acquise (figure 4) dans un délai moyen de 14 semaines avec des extrêmes de 12 à 26 semaines. Dans 82,90% des cas, la rééducation a été débutée dans les trois premiers jours après l'intervention. L'évaluation de nos résultats étaient basée sur les critères anatomiques (surface et l'interligne articulaire, arthrose et l'axe du membre) et les critères fonctionnels de MERLE D'Aubigné et MAZES (tableau IV) (marche, douleur, mobilité et stabilité). Au recul moyen de 14 semaines les

critères anatomiques (l'interligne articulaire ; surface articulaire et l'axe du membre) étaient bons dans 22cas (62,90%). Nous avons 45,70% (16) des cas de très bon résultat fonctionnel et 42,90 (15) des cas de bon résultat. Les complications étaient dominées par 2 cas d'infection superficielle traitée par une bonne antibiothérapie, 3 cas de raideur articulaires ayant nécessité ultérieurement d'une libération chirurgicale et 2 cas de gonarthroses. Il existe une corrélation entre le type de fracture selon SCHATZKER et le score fonctionnel (Tableau III).

Tableau I : lésions cutanées selon Tscherne et Götzen

Stade	Effectif	Pourcentage %
0	25	71.42%
1	8	22.85%
2	2	5.71%
3	0	0
Total	35	100%

Tableau II : Classification de SCHATZKER des fractures des plateaux tibiaux

Classification	Effectif	Pourcentage%
Type I	2	5.7%
Type II	15	42.85%
Type III	3	8.57%
Type IV	1	2.85%
Type V	11	31.42%
Type VI	3	8.57%

Tableau III : type de lésions et le score fonctionnel

Type de fracture selon SCHATZKER	SCORE FONCTIONNEL				
	Très bon	Bon	Moyen	Mauvais	Total
TYPE I	2	0	0	0	2
TYPE II	8	7	0	0	15
TYPE III	1	2	0	0	3
TYPE IV	1	0	0	0	1
TYPE V	4	5	1	1	11
TYPE VI	0	1	1	1	3
TOTAL	16	15	2	2	35

Tableau IV : critères fonctionnels de MERLE D'Aubigné et MAZES

Critères	marche	Douleur	Mobilité	Stabilité
Très bon	Normale	Pas douleur	Extension complète Flexion a 120	Parfaite Pas de laxité
Bon	Normale ou légère claudication	Rare et modérée	Flexion de 90° Extension complète ou avec un flessum de moins de 10	Absence de laxité en extension Légère laxité en semi-flexion Appui monopodal Accroupissement unilatéral possible mais avec difficulté minimum
Moyen	Marche avec boiterie Port d'une canne	Douleurs peu importantes mais fréquentes	Flexion de 60° à 90° Flessum inférieur à 20°	Laxité en extension Accroupissement unilatéral impossible
Mauvais	Marche impossible ou avec deux cannes	Douleurs importantes et fréquente	Flexion inférieure à 60° Flessum supérieur à 20°	Instabilité grave Appui monopodal impossible

Discussion

La fréquence des fractures des plateaux tibiaux est en nette augmentation dans les pays africains du fait de l'accroissement du parc automobile, l'augmentation du nombre d'engins à deux roues et surtout le non-respect du code de la route. Elles représentent 1,2% de toutes les fractures (Court-Brown, 2006) dans le monde. Dans notre série la fréquence était 10,80% et elle est supérieure à celle (Abalo, 2011) au TOGO qui retrouvait 8%; la convergence des malades vers le CHU-R à cause de l'insuffisance des structures sanitaires en matière de traumatologie et orthopédie au Tchad pourrait expliquer cela. Les accidents de la voie publiques prédominaient comme étiologie, nos résultats corroborent avec ceux de la littérature qui retrouvait une prédominance des accidents de la voie publiques dans la traumatologie du membre pelvien (Abdoul, 2017, Abiome, 2019).

La réduction anatomique obtenue chez la plupart de nos patients, le relèvement systématique des enfoncements avec apport des greffes cortico spongieuses et surtout la reprise précoce douce de la mobilisation du genou expliquent ces meilleurs résultats.

Cependant nous avons retrouvé des complications à type d'infections superficielles 5,71 %, ce résultat est superposable à celui de (Adoum, 2023) mais très inférieur de celui de (Ralf, 2017) qui avait rapporté 12,30% dans leur étude. Le taux d'infection oscille entre 2,60% à 45% dans la littérature (Ralf, 2017). Des raideurs articulaires ont été observées dans notre série comme dans la littérature (Prasad, 2013). La gonarthrose complication ultime des fractures des plateaux a été noté dans 5,71 % dans notre série. La bonne indication, la réduction anatomique des lésions osseuses et le suivi régulier de nos patients ont contribué à obtenir des résultats très satisfaisant. Le traitement idéal de ces lésions reste la chirurgie au vue de nos résultats, cependant la prévention des accidents de la voie publique permettra de diminuer l'incidence de ces fractures qui sont le plus souvent grave.

Conclusion

Au terme de ce travail, les fractures des plateaux tibiaux se sont avérées plus fréquentes chez les adultes jeunes de sexe masculin à la suite d'un accident de circulation et restent fréquentes au CHUR, avec des risques fonctionnels graves en l'absence de prise en charge optimale et adéquate, du fait de leur caractère articulaire. Le traitement chirurgical a été le meilleur traitement possible au vu du caractère articulaire de ces fractures et a présenté de résultats fonctionnels satisfaisants.

Conflits d'intérêts : nous ne déclarons aucun conflit.

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

Déclaration de financement : nous n'avons reçu aucun financement pour cette recherche.

Déclaration pour participants humains : cette étude à respecter les principes éthiques d'Helsinki pour la recherche médicale impliquant des sujets humains. Nous avons obtenu le consentement éclairé de tous nos patients et l'autorisation de l'organe institutionnel compétent qui est la direction médicale de notre Centre Hospitalier Universitaire la renaissance.

References:

1. Abalo A, Ouedraogo S, James YE, Walla A, Dossim A. Fractures Des Plateaux Tibiaux : Aspects Epidemiologiques Et Therapeutiques. Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé. (2011);13(1):47-53.

2. Abdoul Wahab Alassane Mohamed, I Garba, H Younssa, S Abdoul Karim, DMM Habibou, BS Souna. Le Genou Flottant Post Traumatique à Niamey: Une Étude de 38 Cas. Health Sci. Dis: Vol 18 (3) July – August – September (2017).
3. Abiome R, Mikiela A, Djembi Yr, Nguema F, Allogo Obiang Jj. Évaluation du Traitement des Fractures Diaphysaires du Tibia et du Fémur par Plaque Vissée au CHU d’Owendo: Étude Préliminaire à Propos de 58 Cas. Health Sci. Dis: Vol 20 (5) Décembre (2019)
4. Adoum AH1*, Dalatou MH1, AM Niandou1, Abdoul Wahab AM2,a, Covalis M1, Souna BS1,a:Surgical treatment of tibial plateau fractures in the city of Niamey: a report of 27 cases Health Sci. Dis : Vol 24 (3) March (2023) pp 72-76
5. Barei DP, Nork SE, Mills WJ, Complications associated with internal fixation of high-energy bicondylar tibial plateau fractures utilizing a two-incision technique. J Orthop Trauma (2004); 18:649-57.
6. Court-Brown CM, Caesar B. Epidemiology of adult fractures: a review. Injury (2006); 37(8):691-7.
7. Daas Selim, Mohamed Jlidi, Mami Chams. Résultats de l’ostéosynthèse des fractures Schatzker V et VI du plateau tibial : à propos de 70 cas. Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique 103S (2017) S27–S145.
8. De la Caffinière JY, Zeitoun JM, Segonds JM, Lacaze F. Treatment of metaphyseal fractures of the tibia by the ilizarov external fixator. Rev Chir Orthop. (1996); 83:123-3.
9. Donovan RL, Smith JRA, Yeomans D, Bennett F, White P, Chesser TJS. Epidemiology and outcomes of tibial plateau fractures in adults aged 60 and over treated in the United Kingdom. Injury. juin (2022);53(6):2219-25
10. Kassé NA, Soulama M, Diao S, Diallo M, Thiam B, Sy MH. Traitement des fractures complexes des plateaux tibiaux par la méthode d’Ilizarov. Afr J Orthop Trauma (2016); Vol 1 N°2:120-125.
11. Le huec JC, chauvraux D, Lesprit E, Pain F. Fractures articulaires récentes de l’extrémité supérieure du tibia chez l’adulte. Encyclo med chir (editions scientifiques et médicales Elsevier SAS, paris tous droits réservés), techniques chirurgicales, orthopédie-traumatologie, 44-805, (2018) ; 13p
12. Prasad GT, Kumar TS, Kumar RK, et al. Functional outcome of Schatzker type V and VI tibial plateau fractures treated with dual plates. Indian J Orthop (2013); 47:188-94
13. Rademakers MV, Kerkhoffs, I. N. Sierevelt, Raaymakers E, and R. K. Marti. Operative Treatment of 109 Tibial Plateau Fractures: Five- to 27-Year Follow-up Results. J Orthop Trauma (2007); 21:5–10.

14. Henkelmann R, Karl-Heinz F, Richard G, Helmut L, Christian S, Dominik S, Christoph J, Pierre H Infection following fractures of the proximal tibia – a systematic review of incidence and outcome. *BMC Musculoskeletal Disorders* (2017) 18:481
15. Sie Esoh JB & Lambin Y. Fractures des plateaux tibiaux à haute vitesse : Evaluation et traitement. *Afr J Orthop Trauma* (2016); Vol 1 N°2: 95-101
16. Virender K, Mamta S, Kunal A, Ankur S, Rajpal B, Ankush K. A clinico-radiological study of bicondylar tibial plateau fractures managed with dual locking plates. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma* 21 (2021) 101563.
17. Zhang Y, Fan DG, Ma BA, Sun SG. Treatment of complicated tibial plateau fractures with dual plating via a 2- incision technique. *Orthopedics* (2012); 35:1-9.

Activation biophysique chez des patients schizophrènes sous différents traitements médicamenteux pris en charge au Service d'Addictologie et Hygiène Mentale (SAHM) d'Abidjan (Côte d'Ivoire)

Adou Yao Taoua, Doctorant

Kouakou Jérôme Kouadio, Docteur, Maître de Conférences

Firmin Kouassi Kouakou, Docteur, Maître de conférences

UPR Paléoanthropologie, Institut des Sciences Anthropologiques de Développement (ISAD). Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB), Côte d'Ivoire. Laboratoire de Biomorphologie Pathologies Maxillo-Oro-Faciales et Santé bucco-dentaire. UFRs. OdontoStomatologie, Université Félix Houphouët Boigny (UFHB), Côte d'Ivoire

Siméon Kouassi Kouakou, Professeur titulaire

Département d'Archéoanthropologie, Institut des Sciences Anthropologiques de Développement (ISAD), Université de San-Pedro (USP), Côte d'Ivoire

Jean-Bertin Beugré, Professeur titulaire

Laboratoire de biomorphologie, UFR d'odonto Stomatologie d'Abidjan, Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan Cocody, Côte d'Ivoire

Paulin Koffi Konan, Maître-Assistant

Service d'Addictologie et d'Hygiène Mentale (SAHM), Institut National de Santé Publique (INSP), Côte d'Ivoire

Etienne Yao Kouadio, Chercheur

Institut National de Santé Publique (INSP), Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n30p87](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p87)

Submitted: 26 August 2024

Accepted: 07 October 2024

Published: 31 October 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Taoua A.Y., Kouakou J.K., Kouakou F.K., Kouakou S.K., Beugré J.B., Konan P.K. & Kouadio E.Y. (2024). *Activation biophysique chez des patients schizophrènes sous différents traitements médicamenteux pris en charge au Service d'Addictologie et Hygiène Mentale (SAHM) d'Abidjan (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (30), 87.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p87>

Résumé

La résilience biophysique des patients schizophrènes semble dépendre du traitement médicamenteux dont ils bénéficient. La prise en compte du

traitement antipsychotique dans l'ajustement de l'activation biophysique chez ces derniers est loin d'être suffisamment explorée. La présente étude se propose d'examiner l'activation biophysique chez des schizophrènes en fonction du type de traitement médicamenteux auquel ils sont soumis. Elle porte sur 145 patients ayant un âge compris entre 16 à 35 ans avec 91 sujets dont 40 femmes et 51 hommes qui sont sous un traitement antipsychotique de première génération et 54 sujets dont 26 femmes et 28 hommes bénéficiant d'un traitement antipsychotique de deuxième génération. L'examen des résultats de l'activation biophysique s'est fait, en considérant le poids, l'IMC, le tour de taille et le tour de hanche. Ceux-ci ont été obtenus par l'utilisation d'une balance électronique (le poids) et d'un ruban mètre pour la mesure du tour de tailles et le tour de hanches. Les traitements antipsychotiques ont été évalués par l'examen des dossiers de consultation de chaque sujet malade. La normalité de la distribution des données a été testée statiquement en utilisant le test de Shapiro-Wilk (p -value= 0,964). Les résultats au test de t student montrent que les schizophrènes mis sous un traitement antipsychotique de première génération présentent une activation biophysique qui diffère de celle de leurs homologues bénéficiant d'un traitement antipsychotique de deuxième génération (p -value= 0,000 < 0,05). Les schizophrènes sous un traitement antipsychotique de première génération présentent un profil biophysique supérieur à ceux de leurs pairs soumis à un traitement antipsychotique de seconde génération. Le type de traitement médicamenteux exerce un effet différent sur le fonctionnement biophysique des schizophrènes.

Mots-clés: Activation biophysique- schizophrénie-antipsychotiques-Jeunes-Abidjan

Biophysical activation in schizophrenic patients on different drug treatments managed at the Service Addictology and Mental Hygiene Service (SAHM) in Abidjan (Côte d'Ivoire)

Adou Yao Taoua, Doctorant

Kouakou Jérôme Kouadio, Docteur, Maître de Conférences

Firmin Kouassi Kouakou, Docteur, Maître de conférences

UPR Paléoanthropologie, Institut des Sciences Anthropologiques de Développement (ISAD). Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB), Côte d'Ivoire. Laboratoire de Biomorphologie Pathologies Maxillo-Oro-Faciales et Santé bucco-dentaire. UFRs. OdontoStomatologie, Université Félix Houphouët Boigny (UFHB), Côte d'Ivoire

Siméon Kouassi Kouakou, Professeur titulaire

Département d'Archéoanthropologie, Institut des Sciences Anthropologiques de Développement (ISAD), Université de San-Pedro (USP), Côte d'Ivoire

Jean-Bertin Beugré, Professeur titulaire

Laboratoire de biomorphologie, UFR d'odonto Stomatologie d'Abidjan, Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan Cocody, Côte d'Ivoire

Paulin Koffi Konan, Maître-Assistant

Service d'Addictologie et d'Hygiène Mentale (SAHM), Institut National de Santé Publique (INSP), Côte d'Ivoire

Etienne Yao Kouadio, Chercheur

Institut National de Santé Publique (INSP), Côte d'Ivoire

Abstract

The biophysical resilience of schizophrenic patients seems to depend on the medication they receive. The role of antipsychotic treatment in the adjustment of biophysiological activation in schizophrenic patients is far from being sufficiently explored. The present study examines biophysiological activation in schizophrenics as a function of the type of drug treatment they receive. It involved 145 patients aged between 16 and 35, with 91 subjects (40 women and 51 men) on first-generation antipsychotic treatment and 54 subjects (26 women and 28 men) on second-generation antipsychotic treatment. The results of biophysical activation were examined in terms of weight, BMI, waist circumference and hip circumference. These were obtained using an electronic scale (weight) and a tape measure for waist and hip circumferences. Antipsychotic treatments were assessed by examining the consultation records of each patient. The normality of the data distribution was statically tested using the Shapiro-Wilk test (p -value= 0.964). The results of the t-student test show that schizophrenics on first-generation antipsychotic

treatment have a biophysical activation that differs from that of their counterparts on second-generation antipsychotic treatment ($p\text{-value} = 0.000 < 0.05$). Schizophrenics undergoing first-generation antipsychotic treatment show a superior biophysical profile than their peers undergoing second-generation antipsychotic treatment. The type of drug treatment has a different effect on the biophysical functioning of schizophrenics.

Keywords: Biophysical activation- schizophrenia-antipsychotic-Youth-Abidjan

Introduction

L'organisme de l'individu, en situation de trouble mental ou de schizophrénie, pourrait être soumis à des stimulations biologiques et physiques correctives et réparatrices. La prise en compte de ces modifications renvoie à l'activation biophysique de l'individu.

L'activation biophysique se réfère à l'ensemble des actions de modifications des caractères physiques et biologiques nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme de l'individu (Benmeddah et al., 2022). Elle est l'état dans lequel le corps est capable de réguler les substances dans le sang (Benmeddah et al., op.cit). Dans un construit similaire, Paquito (2012), la définit comme la trajectoire des stimulus biologiques et physiques qui définissent l'organisme d'un individu. Selon Benmeddah et al., (op.cit) l'activation biophysique est le réajustement biologique et physique que l'organisme d'un individu acquiert aux cours du dysfonctionnement pour équilibrer son potentiel biophysique. En somme, l'activation biophysique serait le renouvellement des caractères biologiques et physiques de l'individu en situation de dysfonctionnement.

Elle résulterait donc du processus de modifications ou de transformations et d'amélioration du fonctionnement biologique et physique de l'organisme de l'individu notamment du schizophrène. L'activation biophysique d'un individu schizophrène se référerait à la potentialisation énergétique du fonctionnement de l'organisme de cet individu malade. Cette stimulation des ressources dont dispose l'organisme du schizophrène ou la potentialisation de l'organisme de celui-ci pourrait se réaliser en soumettant le malade à la prise de molécules spécifiques c'est-à-dire à un traitement médicamenteux. Celui-ci désigne la soumission d'un individu malade à la prise de médicament prescrit par un spécialiste (Koula, 2016). Il se définit aussi comme toutes substances médicamenteuses qui agissent sur les fonctions psychiques et biophysiques de l'individu en situation de trouble mental (Siu, 2021). En clair, le traitement médicamenteux est l'ensemble de substances médicamenteuses soumises à un individu dans un état de dysfonctionnement notamment mental. L'on peut noter les antipsychotiques de première

génération et de seconde génération utilisés pour traiter les schizophrènes (Solida et al., 2021). L'antipsychotique de première génération, également appelés neuroleptiques (tranquillisants) conventionnels, agissent principalement sur les récepteurs de la dopamine (molécule biochimique qui permet la circulation d'information au sein du système nerveux) dans le cerveau. En revanche, l'antipsychotique de seconde génération agit sur plusieurs systèmes de neurotransmission, agissant notamment sur les récepteurs de la sérotonine en plus de la dopamine (Bost, 2016). Le traitement antipsychotique de première génération lorsqu'il est administré au malade augmente la somnolence, l'assèchement de la bouche, la constipation, des étourdissements, le gain de poids. Alors que l'antipsychotique de seconde génération entraîne chez le malade l'assèchement de la bouche, la constipation, des étourdissements, une prise de poids à des degrés différents et un risque de diabète (Quenet, 2013). Selon que l'individu est soumis à un traitement de première génération, il pourrait bénéficier d'une activation biophysique différente de celle de son homologue sous traitement de seconde génération. En d'autres mots, l'individu sous traitement de première génération pourrait être plus enclin à présenter une activation biophysique supérieure à leur pair sous traitement de seconde génération. Le type de traitement dans son fonctionnement pourrait créer une différenciation dans le processus de métabolisation de l'individu, notamment l'activation biophysique.

La question de la relation entre l'activation biophysique des individus atteints de trouble mental et leurs conditions de traitements médicamenteux métaboliques a fait l'objet des écrits de plusieurs auteurs. Locatelli et al. (2018) ont indiqué que les médicaments psychotropes, l'environnement et l'hygiène de vie jouent un rôle important dans les fluctuations pondérales au cours d'une maladie mentale et conduisent au développement d'un syndrome métabolique. Trachsel et al. (2011) ont fait observer que la prise de traitements neuroleptiques par des individus souffrant de trouble mental exerce un effet positif sur leur fonctionnement physiologique. Yao et al. (2009) ont observé dans leur étude les difficultés et les perspectives de prescription des médicaments psychotropes en Côte d'Ivoire. Par ailleurs, d'autres auteurs se sont intéressés au type de maladie mentale avec les différents traitements thérapeutiques des schizophrènes en rapport avec le sexe, les disparités sociodémographiques et géo-démographique (Charil De, 2011).

A l'analyse, des travaux ont examiné l'activation biophysique des individus en situation de trouble mental sous l'angle des conditions sociodémographiques, géo-démographiques et sociobiologiques. Il semble que dans ces études, le traitement antipsychotique de première et de seconde génération n'a pas suffisamment été pris en compte en tant que variable

susceptible d'influencer le profil biophysique des schizophrènes. La présente étude se propose d'examiner l'activation biophysique des personnes schizophrènes en fonction du type de traitement médicamenteux auquel, elles sont soumises.

Méthodologie

Matériel

La présente étude porte sur l'examen de l'activation biophysique des personnes en situation de trouble mental notamment celles souffrant de la schizophrénie. Celui-ci est une pathologie psychiatrique sévère, caractérisée par des hallucinations, un délire, des affectes plats ou inappropriés et une détérioration cognitive. Le risque, durant la vie, est à peu près de 1% (OMS, 2022). L'incidence annuelle moyenne est environ 15 nouveaux cas pour 100000 personnes selon Franck et al. (2009). Les principales études menées dans le monde au cours des dix dernières années ont révélé que la prévalence annuelle de la schizophrénie se situe entre 0,5 et 1,5 %, soit une valeur médiane d'environ 1 % en population générale (Zampetas, 2022). Cette proportion actuelle de schizophrénies en Afrique semble être caractéristique de l'extension démographique des schizophrènes dans chacun des pays du continent africain. En Côte d'Ivoire par exemple où la population est en majorité jeune, la maladie mentale est en croissance. La fréquence des consultations au Service d'addictologie et d'Hygiène Mentale (SAHM) est passée de 7,7% en 2011 à 18,9% en 2015 (OMS, 2015). Le nombre de consultation est 50 patients par jour dont 10 nouveaux et 40 anciens. Annuellement l'on note environ 4500 consultations de suivi (ancien malade) et 1500 nouveaux patients. Depuis son ouverture, le centre aurait assisté plus de 4000 malades mentaux par an (Yéo et al., 2014). Le SAHM paraît, de ce fait, être le lieu dans lequel la plupart des personnes souffrant de troubles mentaux ambulatoires en Côte d'Ivoire sont assistées physio-physiquement. Selon les données disponibles en Côte d'Ivoire, la schizophrénie représenterait 31,5 % des malades hospitalisés à l'hôpital psychiatrique de Bingerville sur une population de 482 sujets (Méa, 2013). Le SAHM prend en charge plus de 70 % des personnes atteintes de trouble mental suivies en ambulatoire provenant de l'ensemble du pays. Le centre accueille régulièrement des malades mentaux de tout genre.

L'on y identifie des personnes souffrant de schizophrénie, de trouble de l'humeur, de psychose hallucinatoire chronique, de la manie, de psychose délirante aiguë, de la dépression. Les individus atteints de la schizophrénie sont en nombre plus important car en 2019 l'on a dénombré 1906 schizophrènes en première consultation soit 23,36% (Soro,2023). Ils sont composés de fonctionnaires, des travailleurs du secteur public ou privé, des individus en quête d'emploi, des étudiants, des élèves, des célibataires et des

mariés. Toutes ces catégories de schizophrènes bénéficient de différents traitements médicamenteux (antipsychotique de première génération et seconde génération) et se structurent en hommes et en femmes dont l'âge varie entre 16 et 35 ans. Ils proviennent de toutes les régions de la Côte d'Ivoire. L'utilisation de l'âge et du sexe, comme critère de sélection à travers un échantillon à choix raisonné, a permis d'isoler 145 sujets ayant un âge compris entre 16 et 35 ans sur 325 malades. Ces malades, dont l'âge varie entre 16 à 35 ans, sont soumis des différents traitements antipsychotiques. L'on dénombre 91 sujets (40 femmes et 51 hommes) sous traitement antipsychotique de première génération et 54 sujets (26 femmes et 28 hommes) sous traitement antipsychotique de seconde génération. C'est l'ensemble de ces deux groupes d'antipsychotiques qui constituent l'échantillon sur lequel porte l'étude.

Méthode

Les interrogations relatives à l'activation biophysique présentée par les personnes en situation de trouble mental notamment les schizophrènes, tendent à explorer l'effet des stimulations biologiques sur l'amélioration des caractères physio-physiques de ces personnes. Les tentatives de vérification de cette relation sont à l'origine de la présente exploration menée auprès d'un échantillon de patients schizophrènes fréquentant le Service d'Addictologie et d'Hygiène Mentale (SAHM). Cette étude analytique, qui s'inscrit dans une approche transversale, s'est déroulée sur dix-huit (18) mois, de juin 2021 à novembre 2022, et s'est étendue sur trois (3) phases.

La première phase a consisté à constituer un échantillonnage de sujet schizophrènes au SAHM. Dans cette optique, un questionnaire d'échantillonnage en face en face a été préalablement élaboré et comprenait 30 items dans la phase de la pré-observation. Les items ont porté essentiellement sur les caractéristiques sociodémographiques, économiques et les traitements médicamenteux qui sont recommandés aux malades par les spécialistes médicaux. La pré-observation s'est réalisée dans la salle d'addictologie du SAHM. Des étudiants médecins psychiatres stagiaires au nombre de quatre (4) ont apporté leur contribution à cette pré-observation sous la supervision du responsable chargé de recherches au SAHM. Au cours de cette pré-observation le questionnaire a été administré à 45 malades dont 25 hommes et 20 femmes. Le dépouillement du questionnaire de cette pré-observation a permis de valider plusieurs items, d'extraire et d'intégrer d'autres. Cette partie a été l'occasion de prendre connaissance avec le personnel du service, de l'informer, de le mobiliser sur l'enjeu de l'étude, de se familiariser avec l'environnement socio-médical des schizophrènes et d'identifier des repères spatio-temporels, matériels nécessaires à une observation appropriée du phénomène étudié.

La deuxième étape a été celle de l'observation proprement dite. Elle a concerné 145 schizophrènes sur 325 retenus à l'issue du processus d'échantillonnage. Elle a consisté durant dix-huit (18) mois, c'est-à-dire de juin 2021 à novembre 2022 à sélectionner et à interroger des malades schizophrènes ou leurs parents. Le recrutement de ces sujets pour l'étude s'est effectué par la prise en compte de leurs profils sociodémographiques dont l'examen montre une hétérogénéité concernant l'âge, le sexe et la profession. La prise en compte de la profession a entraîné la reconstitution de divers groupes ayant des effectifs relativement équivalents : 32 élèves, 30 étudiants, 6 individus dans le secteur formel, 33 travaillant dans le secteur informel et 44 individus sans activités. Plus de la moitié de ces sujets est célibataire. Ces malades, dont l'âge varie entre 16 à 35 ans, sont soumis à différents traitements médicamenteux. Ils sont soit sous un traitement antipsychotique de première génération tel que la chlorpromazine (largatil) ; l'halopéridol (hadol) et d'autres sont sous un traitement antipsychotique de seconde génération à savoir la risperidone (rispéridal) ; la clozapine (leponex) ; l'olanzapine (zyprexa). Ces schizophrènes présentent un état stable ont été mobilisés pour la circonstance. En effet, une fois admis dans la salle d'addictologie aménagée pour l'observation, les patients et les personnes qui les accompagnent ont été informés de la réalisation de l'étude et de son objectif. Ces différentes dispositions ont créé un bon climat de confiance et de sécurité chez les schizophrènes et leurs accompagnants. Le questionnaire de mesure a été amélioré et comportait 40 items portant sur les caractéristiques sociodémographiques, socio-économiques, la composition alimentaire et les traitements médicamenteux des participants schizophrènes. Il a été soumis à ces participants, après avoir obtenu leur consentement et celui des personnes qui les accompagnent. Ces dernières ont suffisamment contribué à apporter des réponses aux différents items et au contrôle des réponses des participants schizophrènes. Cette exploration a permis de mettre en évidence deux périodes de prise de constances ou paramètres anthropométriques avant et après dix-huit (18) mois. Les caractères physiques, en occurrence le poids et la stature, ont été explorés en recourant au pèse-personne (poids corporel) et à la toise staturale (stature corporelle) ainsi qu'un ruban mètre couturière pour les mesures des tours de tailles et le tour de hanches.

La troisième phase a consisté au traitement des données collectées. Les données obtenues ont été saisies au moyen du logiciel Microsoft Excel version 2016. A l'issue de ce processus, des données ont été traitées avec le logiciel statistique IBM SPSS version 23 « Statistical Programm of Social Sciences ». Les résultats obtenus sont exprimés sous forme de moyennes et d'écart-types. La normalité de la distribution a été testée statistiquement en utilisant le test de Shapiro-Wilk. Le résultat de ce contrôle fait état d'une distribution normale. C'est-à-dire le poids, l'IMC, le tour de taille et le tour de hanche

suivent la courbe gaussienne (p-value : 0,964). La distribution des données est donc normale. Le test de t de student est le mieux indiqué pour la comparaison du poids, l'indice de masse corporelle, le tour de taille et le tour de hanche des schizophrènes selon le type de traitement médicamenteux. La norme de significativité est fixée à 0,05.

Résultats

L'on observe que le poids corporel présenté par les femmes avant le traitement antipsychotique de première génération est inférieur à celui qu'elles ont acquis après le traitement (66,15 kg < 67,25kg ; p-value = 0,024*). L'indice de masse corporelle présenté par les femmes avant le traitement antipsychotique de première génération est inférieur à celui qu'elles ont obtenu après le traitement (24,16 kg/m² < 26,21 kg/m² ; p-value = 0,014*). Le tour de taille présenté par les femmes avant le traitement antipsychotique de première génération est inférieur à celui qu'elles ont obtenu après le traitement (86,08 cm < 86,57 cm ; p-value = 0,041*) et le tour de hanche présenté par les femmes avant le traitement antipsychotique de première génération est légèrement inférieur à celui qu'elles ont obtenu après le traitement (101,04 cm < 101,39 cm ; p-value = 0,001*). Ces résultats sont repartis dans le tableau I ci-dessous.

Tableau 1 : Comparaisons du Poids (P), de l'Indice de Masse Corporelle (IMC), du Tour de taille (TT) et de Tour de Hanche (TH) des Femmes (F) âgées de 16 à 25 ans mis sous traitements antipsychotiques de première génération à ceux de leurs homologues sous traitement antipsychotiques de seconde génération avant et après dix-huit (18) mois de suivi.

AP	S	Pr	N	P (Kg)	IMC (Kg/m ²)	TT (cm)	TH (cm)
AP 1 ^{ère} G	F	av	23	66,15±14,30	24,16±06,61	86,08±12,89	101,04±16,68
		ap	23	67,25±15,30	26,21±05,61	86,57±13,26	101,39±16,43
T student spéci				0,024*s	0,014* s	0,041* s	0,001* s
AP 2 ^{ème} G	F	av	11	63,00±16,11	24,08±05,06	87,05±32,08	102,64±21,98
		ap	11	64,31±15,06	24,43±04,79	94,18±17,77	94,18±17,77
T student spéci				0,009* s	0,789 ns	0,287 ns	0,000* s
T student glob				0,001* s	0,448 ns	0,218 ns	0,157 ns

AP : Antipsychotiques ; AP1^{ère}G : Antipsychotiques de première génération ; AP2^{ème}G : Antipsychotiques de seconde génération ; S : Sexe ; N : Nombre ; P : Poids ; IMC : Indice de Masse Corporelle ; TT : Tour de Taille ; TH : Tour de Hanche ; ns : non significatif, s : significatif ; m± α : moyenne± Ecart type ; H : Homme ; F : Femme ; Pr : période ; av : avant ; ap : après ; T student spéci : Test-T student spécifique ; T student glob : Test-T student global.

Concernant les femmes qui sont sous traitement antipsychotique de seconde génération, le poids présenté avant le traitement est inférieur à celui acquis après le traitement (63kg < 64,31 kg ; p-value =0,009). L'indice de masse corporelle présenté par les femmes avant le traitement antipsychotique de seconde génération est inférieur à celui qu'elles ont obtenu après le traitement (24,08 kg/m² < 24,43 kg/m² ; p-value = 0,789). Le tour de taille

présenté par les femmes avant le traitement antipsychotique de seconde génération est inférieur à celui qu'elles ont obtenu après le traitement (87,05 cm < 94,18 cm ; p-value = 0,287) et le tour de hanche présenté par les femmes après le traitement antipsychotique de seconde génération est inférieur à celui qu'elles ont obtenu avant le traitement (94,18 cm < 102,64 cm ; p-value = 0,000).

L'on note une différence significative entre toutes les caractéristiques physiques chez les schizophrènes femmes sous traitements antipsychotiques de première génération avant et après dix-huit (18) mois de suivi. Alors que celles qui sont sous un traitement antipsychotique de seconde génération l'écart significatif est observé entre le poids et le tour de hanche. Les résultats globaux observés montrent aussi un écart statistiquement significatif du poids (0,001*) chez les schizophrènes femmes. Ainsi, les femmes schizophrènes âgées de 16 à 25 ans sous traitement antipsychotique de première génération présenteraient un niveau d'activation physique supérieur à leurs homologues sous traitements antipsychotiques de seconde génération avant et après dix-huit (18) mois de suivi (confère le tableau 1).

Le tableau 2 fait observer que le poids corporel présenté par les hommes avant le traitement antipsychotique de première génération est légèrement inférieur à celui qu'ils ont acquis après le traitement (65 kg < 65,31 kg ; p-value = 0,005*). L'indice de masse corporelle présenté par les hommes avant le traitement antipsychotique de première génération est inférieur à celui qu'ils ont obtenu après le traitement (21,66 kg/m² < 21,93 kg/m² ; p-value = 0,001*). Le tour de taille présenté par les hommes avant le traitement antipsychotique de première génération est inférieur à celui qu'ils ont obtenu après le traitement (77,34 cm < 77,55 cm ; p-value = 0,045*) et le tour de hanche présenté par les hommes avant le traitement antipsychotique de première génération est inférieur à celui qu'ils ont obtenu après le traitement (92,79 cm < 93,10 cm ; p-value = 0,000*). Chez les hommes sous traitements antipsychotiques de première génération les résultats observés montrent un écart significatif entre les paramètres physiques. Ces résultats sont dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2 : Comparaisons du Poids (P), de l'Indice de Masse Corporelle (IMC), du Tour de taille (TT) et de Tour de Hanche (TH) des Hommes (H) âgés de 16 à 25 ans mis sous traitements antipsychotiques de première génération à ceux de leurs homologues sous traitement antipsychotiques de seconde génération avant et après dix-huit (18) mois de suivi

AP	S	Pr	N	P (Kg)	IMC (Kg/m ²)	TT (cm)	TH (cm)
AP1 ^{ère} G	H	av	29	65,00±11,99	21,66±3,20	77,34±08,83	92,79±10,06
		ap	29	65,31±12,25	21,93±3,42	77,55±08,83	93,10±10,36
T student spéci				0,005* s	0,001* s	0,045 *s	0,000* s
AP 2 ^{ème} G	H	av	18	66,17±13,96	22,60±3,39	81,11±10,96	94,72±11,40
		ap	18	67,02±12,10	22,98±4,21	79,11±09,89	96,78±07,65
T student spéci				0,209 ns	0,185 ns	0,226 ns	0,310 ns
T student glob				0,013* s	0,036* s	0,032* s	0,020* s

AP : Antipsychotiques ; AP1^{ère}G : Antipsychotiques de première génération ; AP2^{ème}G : Antipsychotiques de seconde génération ; S : Sexe ; N : Nombre ; P : Poids ; IMC : Indice de Masse Corporelle ; TT : Tour de Taille ; TH : Tour de Hanche ; ns : non significatif, s : significatif ; m± α : moyenne± Ecart type ; H : Homme ; F : Femme ; Pr : période ; av : avant ; ap : après ; T student spéci : Test-T student spécifique ; T student glob : Test-T student global

Relativement aux hommes qui sont sous traitement antipsychotique de seconde génération, le poids présenté avant le traitement est inférieur à celui acquis après le traitement (66,17 kg < 67,02 kg ; p-value =0,209). L'indice de masse corporelle présenté par les hommes avant le traitement antipsychotique de seconde génération est légèrement inférieur à celui qu'ils ont obtenu après le traitement (22,60 kg/m² < 22,93 kg/m² ; p-value = 0,185). Le tour de taille présenté par les hommes après le traitement antipsychotique de seconde génération est inférieur à celui qu'ils ont avant le traitement (79,11 cm < 81,11 cm ; p-value = 0,226) et le tour de hanche présenté par les hommes avant le traitement antipsychotique de seconde génération est inférieur à celui qu'ils ont obtenu après le traitement (94,72 cm < 96,78 cm ; p-value = 0,310). Chez les hommes sous traitement antipsychotique de seconde génération les résultats observés ne montrent pas un écart significatif entre les paramètres physiques. La comparaison des résultats globaux montre qu'il y a des différences significatives entre le poids (p-value = 0,013*), l'indice de masse corporelle (p-value = 0,036*), le tour de taille (p-value = 0,032*) et le tour de hanche (p-value = 0,020*) observées chez les schizophrènes hommes. Les schizophrènes hommes âgés de 16 à 25 ans sous traitement antipsychotique de première génération bénéficient d'un niveau d'activation physique supérieur à ceux de leurs homologues sous traitements antipsychotiques de seconde génération après huit (18) mois de suivi.

Dans le tableau 3, les résultats montrent que le poids corporel présenté par les femmes avant le traitement antipsychotique de première génération est inférieur à celui qu'elles ont acquis après le traitement (69,35 kg < 71,33 kg ; p-value = 0,005*). L'indice de masse corporelle présenté par les femmes avant le traitement antipsychotique de première génération est inférieur à celui

qu'elles ont obtenu après le traitement ($26,24 \text{ kg/m}^2 < 26,84 \text{ kg/m}^2$; p-value = $0,040^*$). Le tour de taille présenté par les femmes avant le traitement antipsychotique de première génération est inférieur à celui qu'elles ont obtenu après le traitement ($88,88 \text{ cm} < 90,76 \text{ cm}$; p-value = $0,022^*$) et le tour de hanche présenté par les femmes avant le traitement antipsychotique de première génération est légèrement inférieur à celui qu'elles ont obtenu après le traitement ($102,71 \text{ cm} < 104,24 \text{ cm}$; p-value = $0,008^*$). Ces résultats sont mentionnés dans le tableau 3 plus bas.

Tableau 3 : Comparaisons du Poids (P), de l'Indice de Masse Corporelle (IMC), du Tour de taille (TT) et de Tour de Hanche (TH) des Femmes (F) âgées de 26 à 35 ans mis sous traitements antipsychotiques de première génération à ceux de leurs homologues sous traitement antipsychotiques de seconde génération avant et après dix-huit (18) mois de suivi

AP	S	Pr	N	P (Kg)	IMC (Kg/m ²)	TT (cm)	TH (cm)
AP 1 ^{ère} G	F	av	17	69,35±16,26	26,24±5,61	88,88±13,95	102,71±13,79
		ap	17	71,33±16,27	26,88±5,59	90,76±11,97	104,24±11,91
T student spéci				0,005* s	0,040*s	0,022* s	0,008* s
AP 2 ^{ème} G	F	av	15	73,27±15,86	27,92±6,96	97,07±18,06	110,47±19,42
		ap	15	73,43±14,92	27,69±5,97	97,13±19,41	110,40±19,71
T student spéci				0,007* s	0,012* s	0,045* s	0,026* s
T student glob				0,019* s	0,032* s	0,029* s	0,044* s

AP : Antipsychotiques ; AP1^{ère}G : Antipsychotiques de première génération ; AP2^{ème}G : Antipsychotiques de seconde génération ; S : Sexe ; N : Nombre ; P : Poids ; IMC : Indice de Masse Corporelle ; TT : Tour de Taille ; TH : Tour de Hanche ; ns : non significatif ; s : significatif ; m± α : moyenne± Ecart type ; H : Homme ; F : Femme ; Pr : période ; av : avant ; ap : après ; T student spéci : Test-T student spécifique ; T student glob : Test-T student global

Concernant les femmes qui sont sous traitement antipsychotique de seconde génération, le poids présenté avant le traitement est inférieur à celui acquis après le traitement ($73,27 \text{ kg} < 73,43 \text{ kg}$; p-value = $0,007^*$). L'indice de masse corporelle obtenu par les femmes après le traitement antipsychotique de seconde génération est légèrement inférieur à celui qu'elles ont présenté avant le traitement ($27,69 \text{ kg/m}^2 < 27,92 \text{ kg/m}^2$; p-value = $0,012^*$). Le tour de taille présenté par les femmes avant le traitement antipsychotique de seconde génération est inférieur à celui qu'elles ont obtenu après le traitement ($97,07 \text{ cm} < 97,13 \text{ cm}$; p-value = $0,045^*$) et le tour de hanche présenté par les femmes après le traitement antipsychotique de seconde génération est légèrement inférieur à celui qu'elles ont avant le traitement ($110,40 \text{ cm} < 110,47 \text{ cm}$; p-value = $0,026^*$). L'on note une différence significative entre toutes les caractéristiques physiques chez les schizophrènes femmes sous traitements antipsychotiques de première génération ainsi que celles qui sont sous traitement antipsychotique de seconde génération après dix-huit (18) mois de suivi. Les schizophrènes femmes âgées de 26 à 35 ans sous traitement antipsychotique de seconde génération présentent un niveau d'activation

supérieur à ceux de leurs homologues sous traitements antipsychotiques de première génération (confère le tableau 3).

L'on observe, dans le tableau 4 ci-dessous, que le poids corporel présenté par les hommes avant le traitement antipsychotique de première génération est légèrement inférieur à celui qu'ils ont acquis après le traitement (76,59 kg < 85,64 kg ; p-value = 0,000*). L'indice de masse corporelle présenté par les hommes avant le traitement antipsychotique de première génération est inférieur à celui qu'ils ont obtenu après le traitement (25,36 kg/m² < 26,39 kg/m² ; p-value = 0,000*). Le tour de taille présenté par les hommes après le traitement antipsychotique de première génération est inférieur à celui qu'ils ont avant le traitement (90,77 cm < 91,27 cm ; p-value = 0,822*) et le tour de hanche présenté par les hommes avant le traitement antipsychotique de première génération est inférieur à celui qu'ils ont obtenu après le traitement (103,82 cm < 111,59 cm ; p-value = 0,000*).

Tableau 4 : Comparaisons du Poids (P), de l'Indice de Masse Corporelle (IMC), du Tour de taille (TT) et de Tour de Hanche (TH) des Hommes (H) âgés de 26 à 35 ans mis sous traitements antipsychotiques de première génération à ceux de leurs homologues sous traitement antipsychotiques de seconde génération avant et après dix-huit (18) mois de suivi

AP	S	Pr	N	P (Kg)	IMC (Kg/m ²)	TT (cm)	TH (cm)
AP1 ^{ère} G	H	av	22	76,59±14,91	25,36±4,05	91,27±14,78	103,82±16,76
		ap	22	85,64±12,98	26,39±4,17	90,77±14,67	111,59±13,09
T student spéci				0,000*s	0,000* ns	0,822 ns	0,000* s
AP2 ^{ème} G	H	av	10	67,80±08,58	22,39±2,77	82,10±07,79	97,60±04,88
		ap	10	68,90±08,54	23,73±2,96	84,10±09,08	98,10±04,88
T student spéci				0,003* s	0,016* s	0,000* s	0,004* s
T student glob				0,012* s	0,010* s	0,004* s	0,003* s

AP : Antipsychotiques ; AP1^{ère}G : Antipsychotiques de première génération ; AP2^{ème}G : Antipsychotiques de seconde génération ; S : Sexe ; N : Nombre ; P : Poids ; IMC : Indice de Masse Corporelle ; TT : Tour de Taille ; TH : Tour de Hanche ; ns : non significatif, s : significatif ; m± α : moyenne± Ecart type ; H : Homme ; F : Femme ; Pr : période ; av : avant ; ap : après ; T student spéci : Test-T student spécifique ; T student glob : Test-T student global

Lorsque l'on observe les hommes qui sont sous traitement antipsychotique de seconde génération, le poids présenté avant le traitement est inférieur à celui acquis après le traitement (67,80 kg < 68,90 kg ; p-value = 0,003*). L'indice de masse corporelle présenté par les hommes avant le traitement antipsychotique de seconde génération est inférieur à celui qu'ils ont obtenu après le traitement (22,39 kg/m² < 23,73 kg/m² ; p-value = 0,003*). Le tour de taille présenté par les hommes avant le traitement antipsychotique de seconde génération est inférieur à celui qu'ils ont obtenu avant le traitement (82,10 cm < 84,10 cm ; p-value = 0,000*) et le tour de hanche présenté par les hommes avant le traitement antipsychotique de seconde génération est inférieur à celui qu'ils ont obtenu après le traitement (97,60 cm < 98,10 cm ; p-value = 0,004*). L'on note une différence significative entre toutes les

caractéristiques physiques chez les schizophrènes hommes sous traitements antipsychotiques de première génération ainsi que celles qui sont sous traitement antipsychotique de seconde génération avant et après dix-huit (18) mois de suivi. Les schizophrènes hommes âgés de 26 à 35 ans sous traitements antipsychotiques de première génération présentent un niveau d'activation supérieur à ceux de leurs homologues sous traitements antipsychotiques de première génération (confère le tableau 4).

Discussion

La question de recherche est d'explorer l'activation biophysique des personnes en situation de trouble mental notamment les schizophrènes, en considérant leurs traitements médicamenteux auxquels ils sont soumis. Les résultats des observations réalisées dans ce sens, y apportent quelques éléments de réponses de manière générale et spécifique ainsi des réponses en lien avec l'âge des sujets. De manière générale, les résultats ont montré que les femmes ou les hommes schizophrènes après avoir été soumis à un traitement de première et de seconde génération présentent un profil biophysique plus amélioré. Au regard de cette amélioration avec le type de traitement, l'on constate que les antipsychotiques de seconde génération exercent plus d'action sur le profil biophysique que les antipsychotiques de première génération. De façon spécifique, l'on remarque que l'âge apparaît comme une variable intermédiaire qui crée des différences en ce qui concerne l'effet du traitement médicamenteux en lien avec l'activation biophysique. Autrement dit, l'âge est une variable intermédiaire qui diminue ou réduit l'effet du traitement antipsychotique de première et de seconde génération sur l'activation biophysique des schizophrènes. Les schizophrènes âgés de 16 à 35 ans sous traitement antipsychotique, qu'il s'agisse d'antipsychotiques de première ou de seconde génération, pourraient présenter divers profils physiques et biologiques en fonction de différents facteurs.

L'on pourrait lier l'effet de différence des traitements antipsychotiques sur les caractères physiques et biologiques des schizophrènes à une sédentarité alimentaire relativement similaire. Il faudrait indiquer que les sujets observés, semblent être soumis à des compositions alimentaires identique. C'est-à-dire les individus en situation de trouble de schizophrénies consomment davantage de lipide et moins de fruits et légumes. Ce lien transparait dans l'observation réalisée par Koula (2016). Il a montré dans son étude que les sujets schizophrènes qui sont sous traitements antipsychotiques font davantage un mauvais choix alimentaire. Ainsi, les traitements antipsychotiques de deuxième (2^{ème}) génération, favorisent un changement plus élevé de troubles métaboliques, tels que l'hyperglycémie, l'hyperlipidémie et une prise de poids à des degrés différents. L'auteur a observé qu'après six (6) mois de traitements antipsychotiques les paramètres anthropométriques physiques augmentent

significativement. Les résultats de la présente étude montrent que les caractéristiques physiques des femmes sont significatives (tableaux 3) quel que soit l'antipsychotique auquel elles sont soumises. Ces résultats (tableau 3) corroborent avec ceux de Koula (2016) qui a observé dans son étude que les femmes schizophrènes sous traitements développent plus une obésité que les hommes. L'auteur a souligné aussi que les comportements alimentaires des schizophrènes sous traitements antipsychotiques semblent être le meilleur facteur prédictif de variation de leurs caractéristiques biophysiques. Les résultats observés (tableaux 1 et 4) montrent que les schizophrènes sous traitements antipsychotiques de première génération après dix-huit (18) mois ont des paramètres physiques supérieurs à ceux qui sont soumis à des antipsychotiques de seconde génération. Ces résultats (tableaux 1 et 4) rapportent à ceux de Provencher et al. (2016) qui ont montré dans leur étude que les schizophrènes sous traitements antipsychotiques de première génération ont des paramètres physiques supérieurs à ceux qui sont sous des antipsychotiques de seconde génération car ces derniers sont des correcteurs perceptibles chez des schizophrènes. En effet, les schizophrènes sont essentiellement sous traitements antipsychotiques en occurrence les antipsychotiques de première génération tels que la chlorpromazine (largatil) ; l'halopéridol (hadol) et les antipsychotiques de seconde génération à savoir la rispéridone (rispéridal) ; la clozapine (leponex) ; l'olanzapine (zyprexa). De ce fait, la mise sous traitements médicamenteux antipsychotiques de premier génération pour les uns et de seconde génération pour les autres avec un bon suivi semble créer des écarts entre les sujets schizophrènes, du point de vue de l'activation biophysique de leur organisme. Cette relation est confortée par les résultats de l'étude réalisée par Smogur (2009) et EL Bouaichi (2022). Ceux-ci ont observé que les individus mis sous traitements antipsychotiques de première génération ou de seconde génération procureraient des énergies différentes et créeraient, par ricochet, des profils biophysiques opposables. Boulé et al. (2014) ont fait une conclusion semblable à l'issue de l'observation qu'ils ont menée auprès des sujets schizophrènes. Ces auteurs indiquent que les traitements médicamenteux (antipsychotiques) varient d'un malade à un autre et agissent sur les différentes substances que l'on retrouve dans le cerveau, particulièrement sur la dopamine. Un tel traitement médicamenteux différentiel avec des consommations alimentaires non contrôlées seraient un des éléments explicatifs de la transformation physique et physiologique des schizophrènes. Aussi, les résultats des schizophrènes observés, durant les dix-huit (18) mois, ont montré que ces patients ne pratiquent aucune activité physique et sportive mais ils ont une alimentation composée régulièrement de glucides et de lipides. Malgré que ces sujets malades s'adaptent à ce style de vie en étant stable, ils pourraient être confrontés à la longue à des dysfonctionnements métaboliques (Smogur, 2009). Quel que soit la tranche

d'âge des sujets schizophrènes de la présente étude, l'on observe une activation biophysique supérieure chez les patients qui sont sous traitement antipsychotique de première génération que chez leurs homologues bénéficiant d'un traitement de seconde génération.

En clair, même si le type de traitement médicamenteux jouerait un rôle important dans le processus de stabilisation des individus schizophrènes afin qu'ils se résilient, il est aussi un élément activateur important dans le réajustement du potentiel physique de ces malades. D'où la nécessité de privilégier les antipsychotiques qui ne modifient pas fortement le profil biophysique des patients schizophrènes.

Conclusion

La question examinée dans cette présente étude est l'activation biophysique des schizophrènes en fonction du type de traitement antipsychotique médicamenteux. L'observation porte sur 145 individus dont 66 hommes et 79 femmes ayant un âge compris entre 16 ans et 35 ans, ayant été diagnostiqués schizophrènes et qui sont sous deux types de traitements antipsychotiques différents (traitement antipsychotique de première génération et traitement antipsychotique de seconde génération). Les résultats montrent que les schizophrènes soumis à un traitement antipsychotique de première génération présentent une activation biophysique qui diffère de celles de leurs homologues bénéficiant d'un traitement antipsychotique de deuxième génération (p -value $< 0,05$). Les schizophrènes sous un traitement antipsychotique de première génération auraient un niveau d'activation physique supérieur à leurs pairs soumis à un traitement antipsychotique de seconde génération. Le type de traitement médicamenteux exerce un effet différent sur le fonctionnement physique des schizophrènes. Les types de traitements antipsychotiques semblent influencer les caractéristiques physiques (Poids, IMC, Tour de taille et tour de hanche) avec une réponse nouvelle celle de considérer les antipsychotiques de seconde génération. De ce fait, des études ultérieures tenant compte d'un échantillon de malades jeunes et adultes s'inscrivant dans une perspective longitudinale serait nécessaire afin de conforter ou non ces résultats.

Remerciements

Les auteurs remercient tout le personnel notamment les Docteurs du Service d'Addictologie et Hygiène Mentale (SAHM) avec à sa tête le Professeur Yéo Tenena Yessonguilana Jean-Marie pour leur disponibilité, accompagnement et leur participation à l'étude.

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

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

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

Déclaration relative aux participants humains : Cette étude a été approuvée par le Groupe de Recherche en Santé Mentale et Environnement Psychosocial (GRSMEP) de l'Institut National de Santé Publique (INSP) d'Abidjan-Côte d'Ivoire.

References:

1. Benmeddah, M. B. F. (2022). Statut en sélénium des patients schizophrènes de l'extrême ouest algérien. [Mémoire master, Université de Tlemcen-Algérie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers Département de Biologie, Laboratoire de chimie analytique et électrochimie], Slide Share.
<https://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/19093/1/benmeddah-belhadj.pdf>
2. BOST, A. (2016). Pharmacologie des antipsychotiques : vers une adaptation individuelle du traitement de la schizophrénie. [Thèse de doctorat en pharmacie, Université Toulouse III PAUL SABATIER Faculté Des Sciences Pharmaceutiques]
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:164186644>.
3. Boule, M., Courtois, S., Bedard, M., Tamas, C., Baev, V., EL Khazraji, R. S., Niculica, C., Beaulieu, K., Cardinal, M., Marquis, V. (2014). Schizophrénie : accompagner un itinérant dans son traitement. *Maison du Père*, 3, 1-25. <https://www.lifementalhealth.com>
4. Charil De, V. M. (2011). Profil clinique, sociodémographique et thérapeutique des patients hospitalisés pour anorexie mentale dans le service de pédopsychiatrie du Centre Hospitalier Universitaire de Nancy-Brabois : comparaison de la période 1992-1997 à la période 2007-2010. Sciences du Vivant. [Thèse de doctorat en médecine, Université de Nancy-Brabois]. <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01733534>
5. El Bouaichi, N. (2022). Syndrome métabolique chez les sujets schizophrènes : Prévalence et facteurs de risque, [Thèse n°228 de doctorat en médecine, Faculté de médecine et de pharmacie-Marrakech, Université Cadi Ayyad-Maroc]. Uca.ma. <https://wd.fmpm.uca.ma>.

6. Franck, N., & Demily, C. (2009). Place du trouble schizo-affectif dans la nosographie actuelle. *Annales Médico Psychologiques*, 167 (2009), 256–263. doi:10.1016/j.amp.2007.10.017.
7. Koula, B. A. (2016). Les causes de décès prématuré des schizophrènes : étude rétrospective et descriptive d'une série de cas décès survenus à l'hôpital DRID-HOCINE de 1984 à 2014, [Thèse de doctorat en médecine, Département de médecine, Université de d'Alger Benyoucef Benkhedda]. Annuned. <http://biblio.univ-alger.dz>
8. Locatelli, L., & Golay, A. (2018). Psychotropes et poids. *Revue Med Suisse Nutrition-Obésité*, 2018 (14), 605-9. www.revmed.ch
9. Méa, N. F. A. (2013). Devenir professionnel des schizophrènes suivis au Service d'Hygiène Mentale d'Abidjan (Institut National de Santé Publique) [Thèse de doctorat non publiée]. Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Côte d'Ivoire.
10. Organisation Mondiale de la Santé. (2022). Rapport du comité régional de l'Afrique, soixante-douzième session, Lomé, République togolaise, 22-26 août 2022, Point 8 de l'ordre du jour provisoire : cadre pour renforcer la mise en œuvre du plan d'action mondial pour la santé mentale 2023-2030. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo>
11. Organisation Mondiale de la Santé. (2015). Rapport des Statistiques sanitaires mondiales fait le point sur les objectifs de la santé dans 194 pays. <https://apps.who.int/mediacentre/news/releases/2015/worldhealthstatistics2015/fr/index.html>
12. Paquito, B., & Gregory, N. (2011). Bénéfices des activités physiques adaptées dans la prise en charge de la schizophrénie. *l'Encéphale*, 33 (38), 280-287. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2011.07.001>
13. Provencher, M. D., Bélanger, M. È., Shriqui, C., Lachance, I., & Bonneville, S. (2016). Psychoeducation for overweight patients with psychiatric disorders: The Wellness program developed in Quebec. *L'encephale*, 42(3), 201-207. <http://dx.doi.org/10.1016/j.encep.2016.01.006>.
14. Quenet, B. (2013). Neuroleptiques et antipsychotiques atypiques : quelles différences entre les deux générations de traitements. [Thèse de doctorat en pharmacie, Université Limoges, Faculté Des Sciences Pharmaceutiques]. <https://aurore.unilim.fr/blobholder:0/P20133335>
15. Siu, P. F. (2021). Déterminants et évaluation des stratégies d'adaptation des patients schizophrènes liées à leur santé orale : échelle de mesure subjective Schizophrenia Coping Oral Health Profil and Index (SCOOHPI) [Thèse de doctorat en Science de la vie et de la

- terre, Université Bourgogne Franche-Comté].
<https://theses.hal.science/tel-03621479>
16. Smogur, M. (2009). Antipsychotiques et prise de poids. *Pharma-Flash, Division de pharmacologie et toxicologie cliniques*, 36, (2).
https://www.hug.ch/documents/2009_36_2.
 17. Solida, A., Choong, E., Lechaire, C., Eap, C., B., & Conus, P. (2011). Syndrome métabolique et antipsychotiques atypiques : Recommandations et prise en charge clinique. *L'Information psychiatrique (Neurosciences)*, 87, (9),715-724.
<https://doi:10.1684/ipe.2011.0853>
 18. Soro, T. E. (2023). Troubles mentaux et désir de procréation : cas des schizophrènes suivis au Service d'addictologie et d'Hygiène Mentale [Mémoire du Diplôme d'Etudes Spécialisées de Psychiatrie, Université Félix Houphouët Boigny, UFR des Sciences Médicales D'Abidjan].
 19. Trachsel, N., & Armin, V. G. (2011). Prise en soins de la schizophrénie chez la personne âgée. *Schweizer Archiv Für Neurologie Und Psychiatrie*, 162 (5),190-197. www.sanp.ch
 20. Yao, Y.P., Yéo. T.Y.J.M., Kamagaté, M., Boli, Z. H. A., Delafosse, R.C, J. (2009). Prescription des psychotropes : difficultés et perspectives en Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest), *L'information psychiatrique*, 85 (8),709-714, URL : <https://www.cairn;>
 21. Yéo, T. Y. J.M., Assi, S. A. C., Traore, B. S., Delafosse, R. C. J, & Koné, D. (2014). Problématique de l'insertion de la santé mentale dans les soins de santé primaire en Côte d'Ivoire : à propos de 103 patients admis en hospitalisation à Bingerville. *Psy Cause*, 67 (4), 42-49.
 22. Zampetas, D. (2022). Marqueurs inflammatoires et troubles de la cognition sociale dans la schizophrénie : une revue de la littérature. *Psychiatrie et santé mentale* [Thèse de doctorat en médecine, Diplôme d'Etude Spécialisées de Psychiatrie], Université de Picardie Jules Verne Faculté de médecine. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04069183>

Variabilité hydrométrique et leur relation avec la pluviométrie dans le département du Mono entre 1960 et 2019, Benin (Afrique de l'Ouest)

Bessan M.V.

Vissin E.W.

Laboratoire Pierre Pagney Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi, Jéricho, Bénin

Ogou K.F.

Laboratory of Atmospheric Physics, Department of Physics, Faculty of Science and Technology, University of Abomey-Calavi, Godomey, Benin

Ogouwale E.

Laboratoire Pierre Pagney Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi, Jéricho, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n30p106](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p106)

Submitted: 31 August 2024

Accepted: 21 October 2024

Published: 31 October 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Bessan M. V., Vissin E. W., Ogou K. F. & Ogouwale E. (2024). *Variabilité hydrométrique et leur relation avec la pluviométrie dans le département du Mono entre 1960 et 2019, Benin (Afrique de l'Ouest)*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (30), 106. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p106>

Résumé

La réduction des effets des inondations sur les activités socio-économiques amène le monde scientifique à chercher à comprendre leur survenance. Cet évènement est rencontré dans beaucoup de régions du Bénin, mais de degrés variés. Le département du Mono situé au Sud du pays (entre 6°15' et 7° N 45' de latitude d'une part, et entre 1°35' et 2°E13'), est l'une de ces régions qui subissent les affres de ces évènements extrêmes qui causent d'énormes dégâts dans différents secteurs. C'est fort de cela que cette étude a été entreprise afin de mieux comprendre les caractéristiques des inondations dans ce département et réviser la relation entre les évènements extrêmes des variables étudiées. Les données journalières employées sont obtenues respectivement de la Météo-Benin et de la direction générale des ressources en eau pour la période de 1960 à 2019. Les méthodes communes telles que la régression linéaire, le coefficient de corrélation de Pearson, les

correspondances simultanées, les tests de rupture et méthode de la valeur extrême généralisée ont été appliqués. Les résultats ont montré que le barrage de Nangbeto n'est pas à l'origine des inondations dans le Mono mais plutôt elles seraient dues aux fortes pluies. Une tendance à l'augmentation des extrêmes est établie principalement dans le Mono. Une caractéristique décadaire de la variabilité des débits est évidente avec signal compris entre le début du décade 1970s et le milieu du décade 1990s. Une absence de rupture a été signalée par les tests de petits, Mann-Kendall et de Bayes. Les corrélations entre la précipitation et le débit sont positives avec des valeurs de 0,44 ; 0,41 et 0,51 respectivement pour les stations de Athieme, de Bopa et de Grand Popo.

Mots-clés: Précipitations maximales, hydrométrie, tendance décennale, Mono, barrage de Nangbeto

Assessment of hydrometric variability and rainfall relationships within the Mono department between 1960 and 2019, Benin (West Africa)

Bessan M.V.

Vissin E.W.

Laboratoire Pierre Pagney Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement
(LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi, Jéricho, Bénin

Ogou K.F.

Laboratory of Atmospheric Physics, Department of Physics, Faculty of
Science and Technology, University of Abomey-Calavi, Godomey, Benin

Ogouwale E.

Laboratoire Pierre Pagney Climat, Eau, Ecosystèmes et Développement
(LACEEDE), Université d'Abomey-Calavi, Jéricho, Bénin

Abstract

Floods are among the hazardous events whose occurrence continues to be sought by scientists worldwide to deepen their understanding to reduce their effects on various socio-economic activities. This event is encountered in many regions of Benin at varying levels. The Mono department is located in the South of Benin (between 6°15' – 7° N 45' of latitude and, 1°35' et 2°E13' of longitude), and is one of these parts of the area that suffers the stitches of these extreme events, which cause enormous damage to different sectors of the environment. It is on this basis that this study was undertaken to better understand the characteristics of floods in this department and revise the

relationship between the extreme events of the variables employed. The daily data used are obtained respectively from Météo-Benin and the General Directorate of Water Resources for the period from 1960 to 2019. Common methods such as linear regression, Pearson correlation coefficient, simultaneous correspondences, break tests, and generalized extreme value were applied. The results showed that the Nangbeto Dam is not the cause of the floods in the Mono but rather, they are due to heavy rainfall. An increasing trend of maximum precipitation is established mainly in the Mono zone. A decadal characteristic of the river flow variability is evident with an observed signal ranging from the beginning of the 1970s to the middle of the 1990s. An absence of rupture was reported by the Petits, Mann-Kendall, and Bayes tests. Positive correlations were found between precipitation and river flow with 0.41, 0.44, and 0.51 for Athieme, Bopa, and Grand-Popo.

Keywords: Maximum precipitation, hydrometry, decadal tendency, Mono, Nangbeto dam

Introduction

Le globe éprouve de bouleversements sur de nombreux plans dont l'un d'eux le plus palpable par la planète terre est l'environnement. Ainsi, les événements excessifs provoquent d'énormes préjudices tant au niveau mondial (Sun et al., 2021, Ouakhir et al., 2023), zone comme l'Afrique de l'Ouest (Kadomura, 2005 ; Vischel et al., 2018) et pays (Hounvou et al., 2023; Yabi & Afouda, 2012). Plusieurs régions du Bénin vivent les inondations presque chaque année. Parmi ces régions, on peut typiquement citer celles du Bassin du Mono et du Couffo, Bassin de l'Ouémé et ceux du fleuve Niger. Par exemple, la PDRRC-AC avait annoncé des dégâts d'inondations causés par la débâcle d'eau du barrage de Nangbeto (Agon, 2021). Plusieurs études ont tenté d'expliquer cette situation mais elle est encore moins claire. Les activités économiques de cette zone sont fortement dépendantes de la variation du temps et climats (Amoussou et al., 2020). Les catastrophes naturelles restent un défi aux scientifiques et aux organisations de prédictions, de gestion pendant et après leur occurrence. Elle peut avoir des origines internes comme externes. Les régions tropicales et en particulier celles du golfe de Guinée subissent les événements hydro climatiques extrêmes à l'instar des précipitations violentes, les inondations et les sécheresses et ont des conséquences néfastes sur vie humaine ainsi que sur les activités socio-économiques (Amoussou et al., 2014). Ces imprévus aléatoires sont souvent dus par le l'altération et ou la fluctuation climatique. Le déséquilibre climatique se s'explique par une oscillation spatiale et temporelle des paramètres essentiels particulièrement les précipitations et la température qui composent la menace pour le développement soutenable du Bénin (Oyede et

al., 2022). Une étude antécédente a présenté que l'impact socio-économique des extrêmes est remarquable (Ogouwale, 2015). Des examens ont essayé d'expliquer les événements extrêmes au Bénin (Ogou et al., 2016; Yabi & Afouda, 2012 ; Ennaji et al., 2024) avec une forte interdépendance entre les circulations de l'humidité et la température de la surface des océans (nord atlantique) contribuant ainsi à la variation du temps et climat (Ogou et al., 2016 ; Amraoui et al., 2024).

Ainsi, l'objectif de cette étude est d'exploiter comment l'interaction entre la précipitation et le débit du fleuve Mono pourrait désenvelopper l'inondation dans une portion du département du Mono, plus spécifiquement le département du Mono. Cet objectif général est décliné en des objectifs spécifiques : 1) Caractériser les débits dans le département tout en examinant la probable période de rupture au niveau des fleuves Mono et Couffo ; 2) Comprendre si le barrage de Nangbeto contribue aux occurrences des inondations dans le département ; 3) Exploiter les correspondances entre les événements extrêmes de pluie et de débits

Afin d'atteindre cet objectif, les méthodes incluant la tendance et corrélation de Pearson ainsi que les analyses de variations simultanées sont utilisées. Notons que les données employées sont obtenues de l'Agence Nationale de la Météorologie et de la Direction Générale des ressources en eau. Le département du Mono est localisé au Sud-Ouest du Bénin entre 6°15' et 7° N 45' de latitude d'une part, et entre 1°35' et 2°E13' de longitude d'autre part (figure 1). Il est limité au Nord par les départements du Couffo, au Sud par l'océan Atlantique, à l'Ouest par la république du Togo et à l'Est, par le département de l'Atlantique. Le département se retrouve globalement dans la région du golfe de Guinée et ses parties hautes et moyennes sont en grande partie sur le territoire togolais (Amoussou 2010). La zone d'étude couvre les communes de Lokossa, Athiémé, Grand-Popo, Houéyogbé, Comè et Bopa comme le montre la figure 1 ci-dessous.

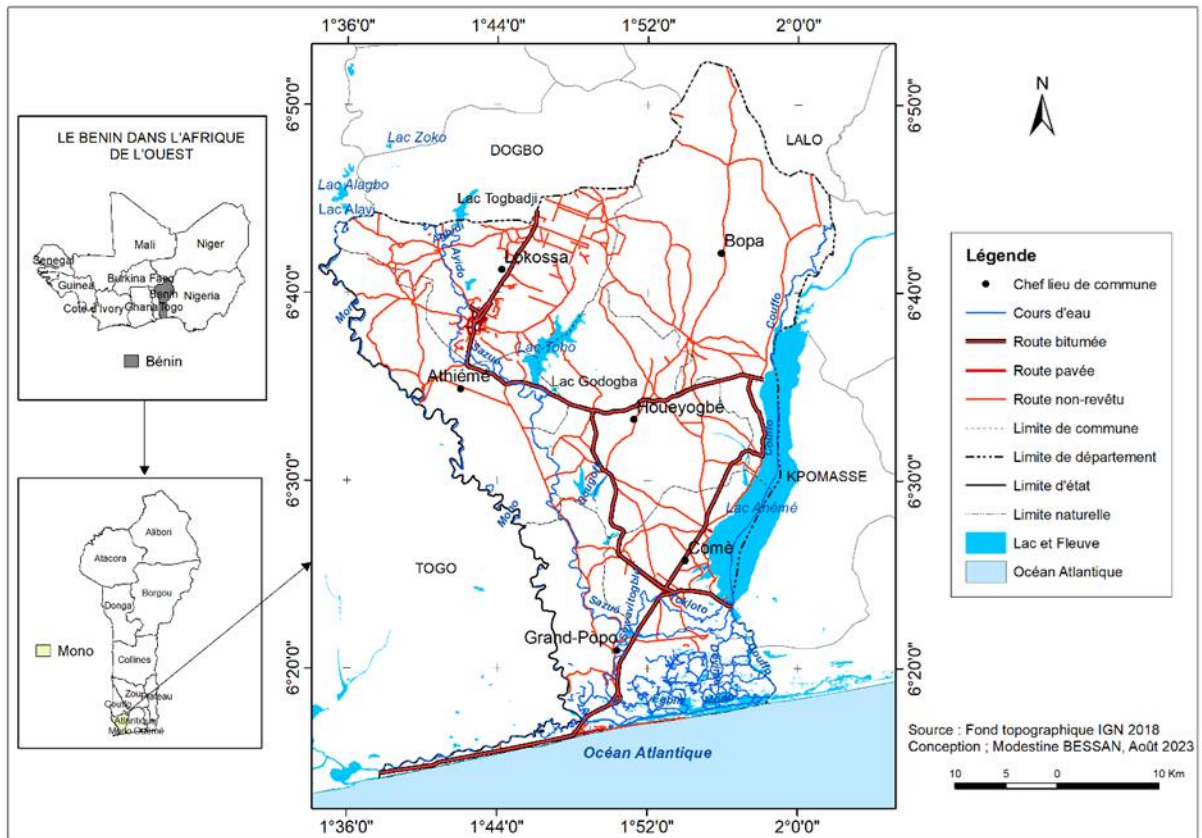


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude

Données, Matériels et Méthodes

Données

Elles composent des données pluviométriques obtenues de l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) situé à Cotonou et à Météo-Bénin. Des séries pluviométriques journalières de 1960 à 2022 provenant de dix (10) stations localisées dans le département du Mono et dans son environnement immédiat (Aplahoué, Athiémé, Bopa, Lonkly, Dogbo, Grand-Popo, Bohicon, Cotonou, Abomey et Ouidah) sont obtenues. Dans le but d'assurer une bonne couverture spatiale en termes de champ de pluie, des données de neuf (9) autres stations pluviométriques environnantes (Agouna, Allada, Lomé-Ville, Tchetti, Toffo, Atapkamè, Tabligbo, Lokossa et Niaouli) ont été complétées pour le remplissage des données manquantes avec les stations les plus proches. Au nombre des stations disponibles, seulement quelques-unes remplissent les conditions de données manquantes ayant une portion moins de 10% qui ont été retenues pour les analyses postérieures. Cette étude porte sur la pluviométrie des stations de Bopa, Grand-Popo et Athiémé, couvrant la

période de 1960 à 2022, ainsi que sur les débits mesurés entre 1960 et 2019. Ainsi, notre analyse se concentre sur la période commune aux deux ensembles de données.

Méthodologie de travail

L'indice centre réduit est une technique applicable à plusieurs variables dont le plus utilise est celui de la pluie. La formule suivante permet de calculer les indices centres réduits :

$$I_n = \frac{D_i - \underline{D}}{Std(D_I)} \tag{1}$$

Où I_n , D_i et \underline{D} représentent respectivement l'indice centre réduit du débit, valeur moyenne annuelle de débits et la moyenne sur toute la série étudiée. Std signifie standard déviation of the série. Les tendances linéaires sont évaluées en utilisant le model commun suivant :

$$Y_i = \alpha X_i + \beta \tag{2}$$

Où α et β désignent respectivement le coefficient de régression et la constante. Pour $\alpha < 0$ indique une tendance à la baisse alors que $\alpha > 0$ indique une tendance à la hausse de la droite de régression tandis que $\alpha = 0$ représente un état statique de celle-ci. Les tests de rupture ont été conduits avec le logiciel Khronostat version 1.01. Les graphiques sont réalisés avec Microsoft Excel.

Résultats

Variabilité interannuelle des débits du département du Mono

La figure 2 présente l'évolution interannuelle des débits à Athiémé (Mono) et à Lanta (Couffo). L'évolution du débit est en couleur bleue et la tendance correspondante à cette évolution est rouge.

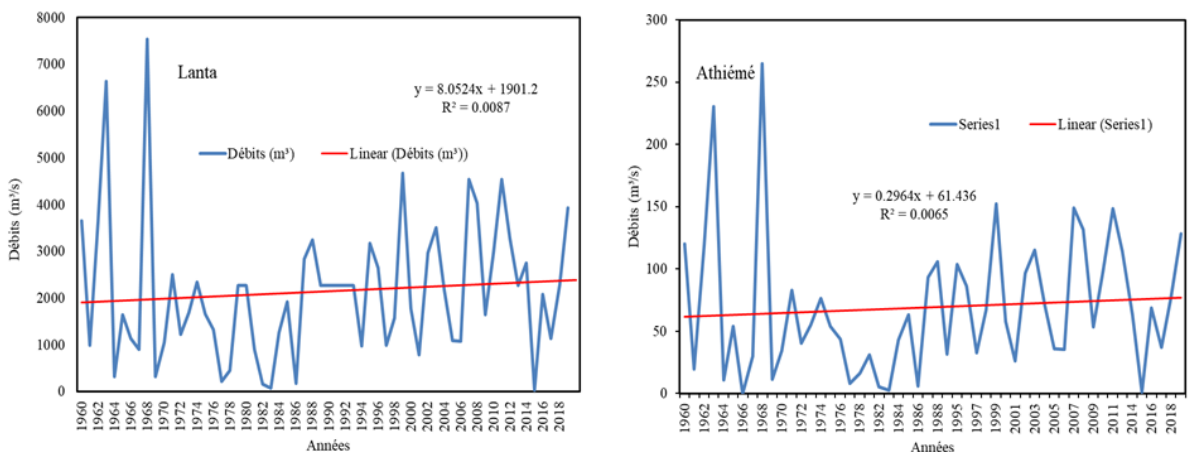


Figure 2 : Evolution des débits annuels du Mono (Lanta) Couffo (Athiémé) de 1960 à 2019.
 Sources des données : Direction générales des ressources en eau

Les débits enregistrés à Athiémé pour le Mono et à Lanta pour le Couffo sont très variables d'une année à une autre avec une pointe de $230 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1963 et $264 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1968 à Athiémé et deux maxima ($6632.32 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1963 et $7539 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1968) à Lanta (figure 2). Ces maxima annuels des débits sont conformes à ceux observés au niveau des données pluviométriques sur la même période dans le bassin. Mais, quelques spécificités sont observées au niveau des sous-bassins. Les débits enregistrés à Athiémé et Lanta présentent une légère tendance à la hausse, avec une faible valeur de coefficient de régression des débits. Pendant ce temps, la variation annuelle des débits observée à Athiémé apparaît plus moins importante à celle de Lanta qui est plutôt caractérisée par une faible tendance avec un coefficient égale à 0.08 (figure 2 ci-dessus). Or il a été noté plus haut que dans le bassin, les débits sont en majorité tributaires de la pluviométrie (Amoussou, 2010). Cette différence pourrait alors s'expliquer par la présence du barrage de Nangbéto ou être liée à la qualité des données de débits ou à d'autres facteurs (géologie, morphologie, pédologie, etc.). L'étude des indices hydrométriques a permis d'approfondir l'analyse de la variabilité des débits.

Tendance interannuelle des indices hydrométriques du Mono

La figure 3 illustre la variation des indices hydrométriques au niveau du Mono et du Couffo sur la période d'étude avec la moyenne mobile de 5 ans pour caractériser l'évolution de ces paramètres. Deux principales périodes peuvent être déduites de ces graphiques. Une phase décroissante entre les années 1960 et 1983. Pendant ce temps, une phase ascendante est observée au niveau des deux fleuves dans l'intervalle de temps est compris entre 1984 et 2019. Les années excédentaires sont respectivement 1963 et 1968 ou les indices hydrométriques sont extrêmes. On note une évolution décadaire des débits avec un décade négatif compris entre 1973 et 1995 pour les deux stations hydrométriques. Par contre on note près que deux décades positifs suivants : 1964-1972 et de 1996-2016.

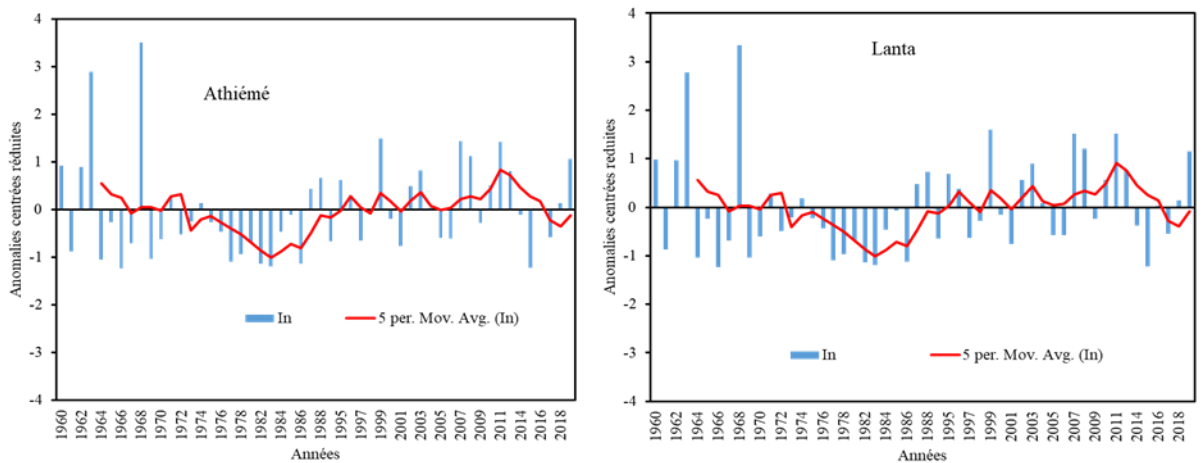


Figure 3 : Variation interannuelle des indices hydrométriques Athiémé (à gauche) and Lanta (à droite) du Mono (1960-2019). Sources des données : Direction générales des ressources en eau

Dans l'ensemble du bassin (Mono et Couffo), la période de 1969 à 1986 présente des indices négatifs, indiquant un déficit hydrologique, avec des valeurs à Athiémé similaires à celles de Lanta. Cette tendance reflète l'évolution des indices pluviométriques. En dehors de cette période, les autres décennies montrent des évolutions variées. Ainsi, du début des années 1970 jusqu'aux années 1990 dans le Mono, à Athiémé, il apparaît que la principale différence entre Athiémé et Lanta réside dans l'ampleur des indices. Les années les plus susceptibles de provoquer des inondations dans le département sont 1963, 1968, 1999, 2007, 2008, 2011 et 2019, pour les deux bassins. Certaines de ces années correspondent à des inondations dévastatrices (1963, 1999, 2000, 2003, 2010 et 2011), comme le révèlent les enquêtes de terrain et la documentation consultée. La variation interannuelle des débits au niveau du Mono est quasiment conforme à l'évolution interannuelle des précipitations ci-dessus analysées, seulement que cette conformité est un peu plus prononcée au niveau du Couffo (Lanta) qu'au niveau du Mono à Athiémé. Ce résultat confirme la règle selon laquelle la répartition des débits dans un bassin versant soumis à un régime unique suit les mêmes lois statistiques que celles des précipitations du bassin correspondant, comme l'a rapporté Koumassi (2014). L'évolution des débits est ainsi en accord avec celle des pluies, bien qu'une légère différenciation soit observée au niveau du Mono à Athiémé. Cette différence pourrait s'expliquer par la présence du barrage de Nangbéto ou par des facteurs morpho-pédologiques. Les travaux de plusieurs auteurs (Amoussou, 2010 ; Hervé, 2020 ; Vissin, 2007) corroborent également ces résultats. Après avoir étudié la variabilité interannuelle des débits,

l'homogénéité de la série hydrométrique de 1960 à 2019 a été analysée à l'aide du logiciel KhronoStat (Paturel, 1998).

Détection de ruptures au sein des séries hydrométriques du Mono

Les tests de Pettitt, la statistique U de (Buishand, 1984) et la méthode de segmentation de Hubert (Carbonnel & Hubert, 1985; Hubert & Carbonnel, 1993) ont été appliqués. La figure 4 suivante montre les résultats. Le test de Pettitt a détecté une rupture en 1986 à 90% au niveau de Athiémé et Lanta mais pendant ce temps, les autres différents tests n'ont détecté aucune rupture au niveau de Lanta et Athiémé. De plus, la procédure de (Lee & Heghinian, 1977) a répondu positive au test en détectant une rupture en 1963 au niveau de Athiémé et de Lanta. La normalité est vérifiée si les tests de Buishand et bayésienne sur Khronostat. Les résultats obtenus jusqu'à présent montrent que les débits dans le bassin du Mono sont parfois tributaires de la pluviométrie. L'étude des corrélations pluie/débit a permis de vérifier cette hypothèse et d'étudier le degré de liaison qui existe entre ces deux paramètres.

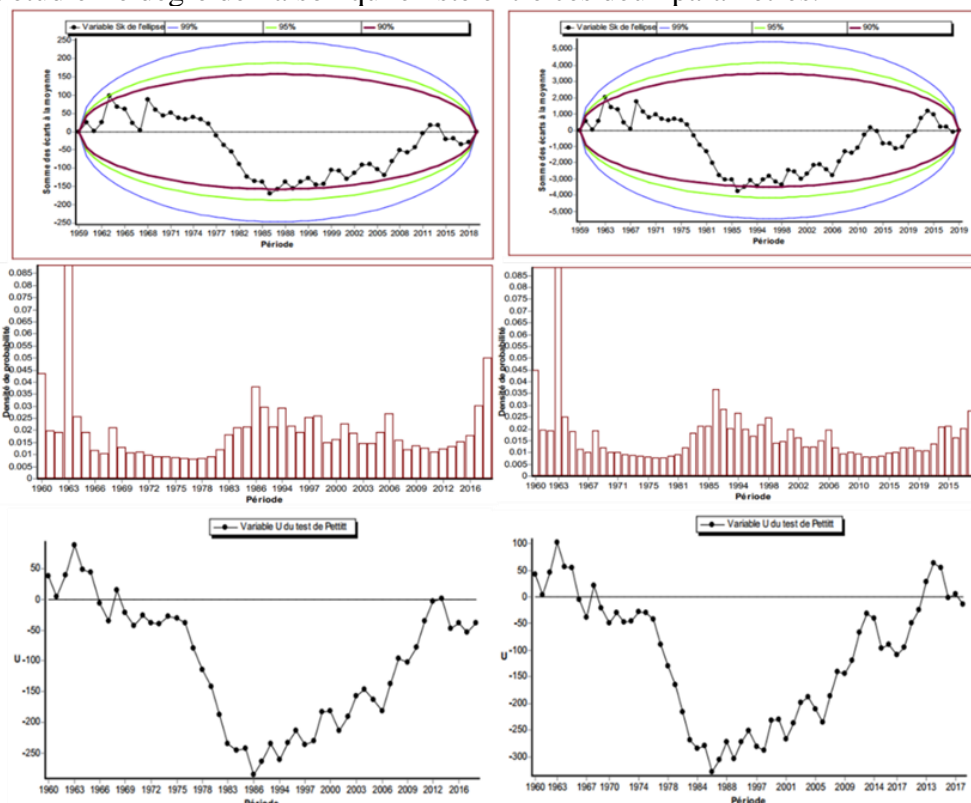


Figure 4 : Test de rupture à Athiémé (Mono) à gauche et Lanta (Couffo) à droite

Corrélation pluie/débit dans le Mono sur la période 1960-2019

La recherche de dépendance entre pluies et débits dans le bassin du Mono de 1960 à 2019 a révélé que la corrélation entre ces deux paramètres est importante ($r > 0,5$) au niveau du Mono tandis qu'elle avoisine 0,24 au niveau du Couffo. La figure 5 présente les résultats des recherches de corrélation.

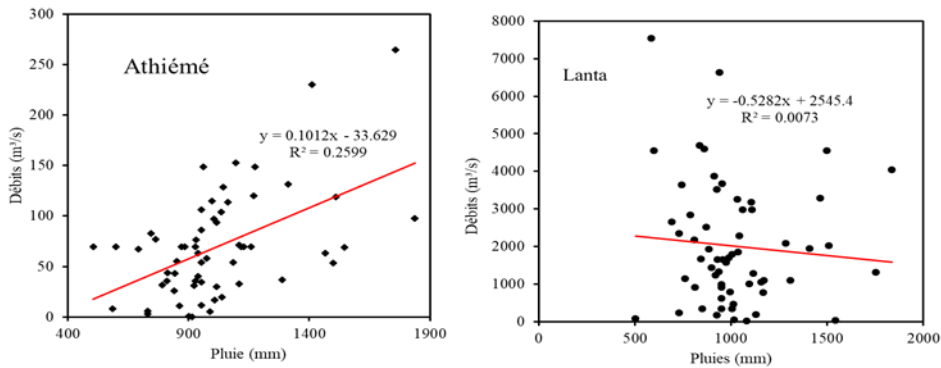


Figure 5 : Corrélations pluie-débit dans le bassin du Mono (gauche) et celles de pluie-débit dans le bassin du Lanta pour la période 1960 à 2019

Cette figure montre que $R^2 = 0,2599$; soit $r = 0,51$ pour Athiémé et $R^2 = 0,0073$ soit $r = 0,09$ pour Lanta. La corrélation est donc assez élevée au niveau des deux sous-bassins. De plus, on constate que l'écoulement du Mono à Athiémé commence dès lors que les pluies atteignent 500 mm de hauteur. Et la même observation est faite au niveau du Couffo à Lanta, où, l'écoulement débute avec une pluie de 500 mm de valeur. On note alors une légère différence au niveau des coefficients de corrélation ($r = 0,51$ pour Athiémé et $r = 0,08$ pour Lanta) et une similitude au niveau des temps de réponse de l'écoulement. Ces résultats peuvent s'expliquer par la différence des superficies des sous-bassins du Couffo et du Mono au Bénin, la présence du barrage de Nangbéto et la qualité des données.

Régression de pluie/débit avant et après la construction du barrage de Nangbéto

Le barrage de Nangbéto étant érigé sur le Mono, cette recherche de corrélation a été effectuée seulement au niveau du Mono à Athiémé. La figure 6 présente les résultats.

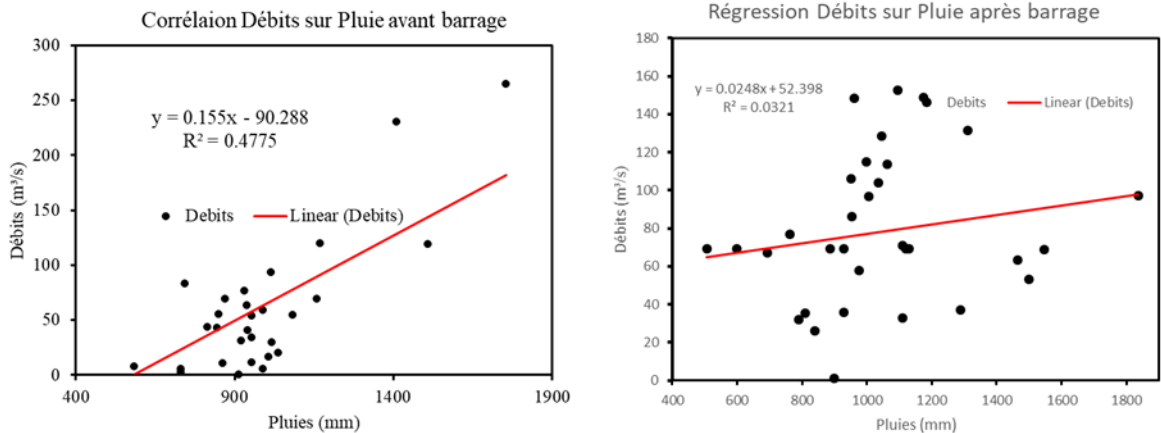


Figure 6: Régression pluie-débit avant (figure à gauche) et après (figure à droite) le barrage de Nangbéto de 1960-2019

La corrélation pluie - débit est très forte avant la construction du barrage de Nangbéto ($R^2 = 0,478$, soit $r = 0,69$) et très faible ($R^2 = 0,032$, soit $r = 0,18$) après celle-ci (figure 6). Ces derniers résultats sont en accord avec les travaux de (Amoussou, 2010) où, l'auteur signale également une très faible corrélation ($r = 0,18$) après la construction du barrage de Nangbéto (1988-2000) et une très forte ($r = 0,69$) avant celle-ci (1961-1987). La faible dépendance entre pluie et débit obtenue entre 1988-2019 sur Athiémé n'est donc pas véritablement liée au barrage de Nangbéto. Néanmoins, la variabilité interannuelle des écoulements a diminué pendant cette période (Amoussou, 2010) et (Klassou, 2014) rappelle que la variabilité de l'écoulement dépend aussi en partie des apports des affluents Amou et Kra (situés entre Nangbéto et Athiémé). Les fortes corrélations pluie/débit observées dans la plus grande partie du bassin sont significatives à 95% ; cependant, la dépendance pluies/débits de la partie aval (ou amont) décline (ou augmente) en cours des saisons et l'influence des lâchers d'eau sur le régime n'est pas négligeable comme l'indique la forte corrélation entre les variations du volume d'eau lâchée et le débit du Mono à Athiémé (Amoussou, 2010). Au total, la combinaison des facteurs géomorphologiques et topographiques, hydrogéologiques, pédologique, climatiques (régimes pluviométriques et hydrométriques, variabilités pluviométriques et hydrométriques, etc.) et la faiblesse du couvert végétal rend le bassin du Mono très vulnérables aux inondations qui se manifestent sous diverses formes d'un territoire à l'autre.

Tendance des événements hydrologiques extrêmes excédentaires

La tendance des extrêmes hydrologiques excédentaires repose sur l'analyse de la variation des débits maximaux annuels et des différents types de débits caractéristiques de crue des deux stations hydrométriques (Athiémé

et Lanta) du bassin du Mono. Bien que le débit maximum journalier annuel des deux bassins présente une augmentation, une différence notable apparaît dans le taux de variation linéaire, estimé à 0,78 m³/s pour Lanta contre 1,30 m³/s pour le Mono (Athiémé).

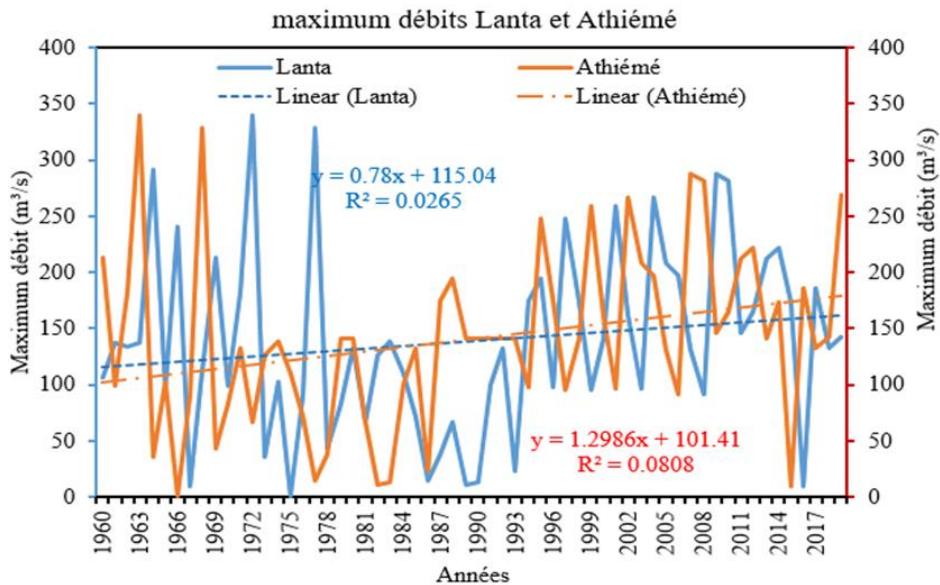


Figure 7 : Évolution des débits maximaux au niveau du Mono et Couffo pour la période de 1960 à 2019

Discussion

La caractérisation des données hydro-climatiques dans le département du Mono revêt d'une importance capitale pour comprendre les conditions d'occurrence des inondations en utilisant les variables hydrométriques et pluviométriques dans l'intervalle de 1960 à 2019. La faible corrélation obtenue après l'érection du barrage hydro-électrique s'expliquerait par les défaillances au niveau des données de l'année 2000 (Amoussou, 2010). Ceci prouve de la dépendance des crues à la forte pluie. Ce résultat est en accord avec les ceux de (Ogouwale et al., 2020) qui ont stipulé que les inondations de l'Ouémé sont dues aux fortes pluies dans la région. Les tendances des nombres de jours au niveau des stations de Athiémé et Bopa se caractérisent par une diminution tandis qu'à grand-Popo, il se caractérise par une augmentation du nombre de jour. (Nakou et al., 2022) analyse les situations de sécheresse et d'humidité en utilisant l'indice de précipitation standardise d'un cumul de 12 mois. Son résultat montre qu'il y a une tendance positive. Pendant ce temps, les résultats des tests de stationnarité dans la série hydrométrique sont conformes à ceux obtenus au niveau de la série pluviométrique ci-dessus et corroborent les résultats des travaux de plusieurs auteurs (Donou, 2015; Houndénou, 1999) qui n'ont observé aucune rupture nette dans les séries

pluviométriques et hydrométriques du Sud Bénin. Les résultats de la régression débits sur pluies sont différents de ceux obtenus par (Amoussou, 2010). En effet, les travaux de l'auteur ont révélé que $r = 0,71$ pour Lanta et $0,77$ pour Athiémé et que l'écoulement du Couffo à Lanta débute à 600 mm de pluies alors que sur le Mono à Athiémé, il faut attendre 800 mm de hauteur. Cette divergence pourrait s'expliquer par le fait que (Amoussou, 2010) avait travaillé sur des échelles spatiales (complexe Mono-Ahémé au Bénin et Togo) et temporelles (de 1961 à 2000) différentes, tandis que la présente étude s'est concentrée sur la portion béninoise du bassin du Mono sur la période 1960 à 2022. Afin de mieux comprendre la situation du Mono, une recherche de corrélation avant et après l'érection du barrage de Nangbéto a été réalisée. La figure 8 ci-dessous décrit la possible relation entre les crues c'est les maximaux des débits du Mono et les précipitations maximales. Il est évident qu'il y a une relation entre les hauteurs de pluie et les crues au niveau du fleuve du Mono en l'occurrence les précipitations au niveau des stations de Athiémé et Grand-Popo. Par contre cette relation n'est pas étroitement approuvée tout au long des séries. La hauteur de pluie maximale des années 1963 et 1968 correspondent au pic des précipitations totales des trois stations et même l'année 2010 au niveau des stations d'Athiémé et de Grand-Popo.

La corrélation entre les pluies maximales et les débits maximaux sont importants avec des valeurs qui varient entre 0,41 et 0,51 pour les stations de Athiémé et Grand-Popo. Les valeurs positives des corrélations indiquent qu'une augmentation de la pluie est associée à une augmentation du débit même si cela ne se produit lors d'une seule. L'accumulation des eaux pourrait ce fait. Ce résultat confirme celui des travaux de N'GNÉSSAN et al., (2013) qui avaient révélé une tendance synchrone pluie-débits dans la région Marahoué (Cote-d'Ivoire).

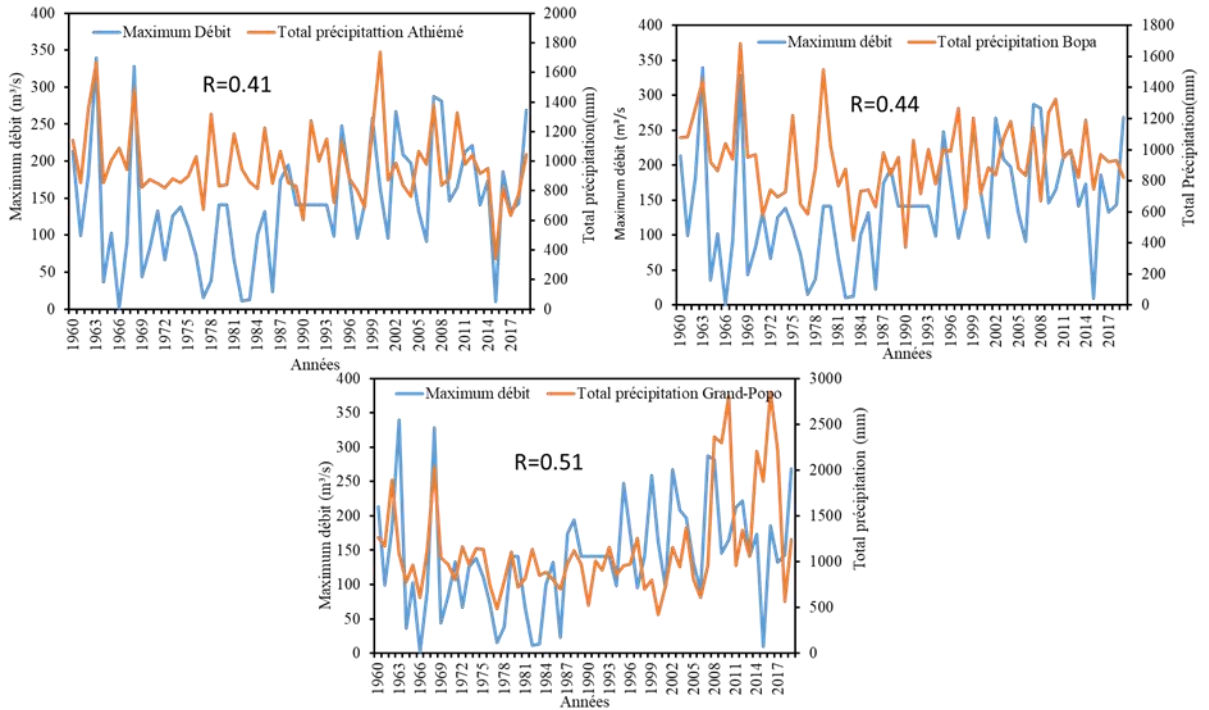


Figure 8: Analyse superposée de précipitation totale sur le débit maximum dans le Mono entre 1960 et 2019. R représente le coefficient de corrélation de Pearson

Conclusions

L'analyse de la variabilité hydro-climatique dans le département du Mono a été utilisée pour une compréhension de l'influence des pluies sur les occurrences des inondations après une caractérisation de ces variables. On peut tirer les conclusions suivantes : la caractéristique des débits au niveau du Mono a prouvé une variation interannuelle à décennale. Les tests de rupture ont montré une rupture dans les 1960s au niveau des deux stations (Athiémé et Lanta). Les pluies et débits maximums ont connu une légère augmentation sur la période d'étude dans le département. Les pluies sont généralement responsables des inondations mais si la débâcle de la lâchée d'eau pourrait causer cette situation. A cet égard, les dispositions doivent être prises réduire ces évènements. Les conclusions de ce travail sont utiles pour la gestion des ressources en eau dans la zone et par conséquent bénéfiques pour les activités agricoles. Elles permettent aussi de la préparation des populations pendant la période pluvieuse afin de réduire les effets du climat et des inondations.

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

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

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

References:

1. Agon, A. S. (2021). *Près de 70.000 personnes affectées par l'inondation du fleuve Mono à Athiémé et Grand-Popo Société.* PDRRC-AC. <https://www.les4verites.bj/pres-de-70-000-personnes-affectees-par-linondation-du-fleuve-mono-a-athieme-et-grand-popo/#:~:text=Les lâchées d'eau intervenues le début du mois,touchés sur les 61 que compte la commune.>
2. Amoussou, E. (2010). *Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'ouest).* Université de Bourgogne.
3. Amoussou, E., Awoye, H., Vodounon, H. S. T., Obahoundje, S., Camberlin, P., Diedhiou, A., Kouadio, K., Mahé, G., Houndénou, C., & Boko, M. (2020). Climate and extreme rainfall events in the mono river basin (West Africa): Investigating future changes with regional climate models. *Water (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/w12030833>
4. Amoussou, E., Camberlin, P., H, T. V. S., Tramblay, Y., Houndenou, C., Mahé, G., Paturel, J., & Boko, M. (2014). *ÉVOLUTION DES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES DANS LE BASSIN VERSANT DU MONO (BÉNIN-TOGO) EN CONTEXTE DE VARIABILITÉ / CHANGEMENT CLIMATIQUE socioéconomique . La question de l ' évolution future de la fréquence ou de l ' intensité de ces particulièrement concer.* 343–349.
5. Amraoui, M., Bouabidi, L., El Amrani, M., Ouakhir, H., Dudic, B., Lukić, T., & Spalevic, V. (2024). Land use dynamics and soil conservation strategies in the El Kssiba Region, Atlas Mountains of Morocco. *Agriculture and Forestry*, 70(3), 7-27. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.70.3.01>
6. Buishand, T. A. (1984). Tests for detecting a shift in the mean of hydrological time series. *Hydrology*, 73, 51–69.
7. Carbonnel, J. P ., & Hubert, P. (1985). Sur la sécheresse au Sahel d'Afrique de l'Ouest. Une rupture climatique dans les séries pluviométriques du Burkina-Faso (ex Haute-Volta). *Comptes Rendus de l'Académie Des Sciences, Paris, Série II*, 301(13), 941–944.
8. Donou, B. T. (2015). *Extrêmes hydro-climatiques dans le bassin inférieur du fleuve Ouémé : diagnostic, impact agricole et scénarios*

- de gestion*. Université d'Abomey-Calavi au Bénin.
9. Ennaji, N., Ouakhir, H., Abahrour, M., Spalevic, V., & Dudic, B. (2024). Impact of watershed management practices on vegetation, land use changes, and soil erosion in River Basins of the Atlas, Morocco. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52(1), 13567-13567. <https://doi.org/10.15835/nbha52113567>
 10. Hervé, K. D. (2020). *Caractérisations hydro-pluviométriques des inondations dans le bassin versant de Couffo a Lanta Hydro-pluviometric characterizations of flooding from Couffo watershed to Lanta Abstract. 2*, 20–27.
 11. Houndénou, C. (1999). *Variabilité climatique et maïsiculture en milieu tropical humide. L'exemple du Bénin, diagnostic et modélisation* [Université de Bourgogne, Dijon]. <https://theses.fr/1999DIJOL033>
 12. Hounvou, S. F., Guedje, K. F., Kougbegbede, H., Adechinan, J., Houngninou, E., & Houeto, A. (2023). *Spatiotemporal Variability of Extreme Rainfall in Southern Benin in the Context of Global Warming. 2023*.
 13. Hubert, P., & Carbonnel, J. P. (1993). Segmentation des séries annuelles de débits de grands fleuves africains. *Bulletin de Liaison Du CIEH*, 92, 3–10.
 14. Kadomura, H. (2005). Climate anomalies and extreme events in Africa in 2003. *African Study Monographs*, 26(March), 165–181.
 15. Klassou, K. S. (2014). L'influence humaine dans l'origine et la gravité des inondations au {Togo}: cas de l'aménagement de l'espace dans la grande banlieue nord de {Lomé} ({Togle}-{Adetikope}). *Revue de Géographie Tropicale de l'environnement*, 3–15.
 16. Koumassi, H. (2014). Risques hydroclimatiques et vulnérabilités des écosystèmes dans le bassin versant de la Sota a l'exutoire de couberi. In *Environnement et Société*. Université d'Abomey Calavi.
 17. Lee, A. F. ., & Heghinian, S. M. (1977). A Shift of the Mean Level in a Séquence of Independent Normal 622 Random Variables: A Bayesian Approach. 503-506. *Technometrics*, 19(4), 503–506. <https://doi.org/doi: 623 10.1080/00401706.1977.10489592>.
 18. Ouakhir, H., Ennaji, N., Spalevic, V., Gomih, M., Ghadbane, O., Chakir, M., & El Ghachi, M. (2023). Changes in river bank morphology in a small meander of El Abid river, Atlas Mountains, Morocco. *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 69(3), 199-209.
 19. N'GNESSAN, B. V. H., SALEY, M. B., OGA, Y. M. S., YAPI, A. F., KOUADIO Boyossoro, H., BIEMI, J., & KOUADIO, A. (2013). Caractérisation de la sécheresse hydrologique dans la région de la Marahoué (Centre- ouest de la Côte d ' Ivoire). *International Journal of Engineering Science Invention*, 105–115.

20. Nakou, R. T., Codo, F. D. P., & Worou, N. C. (2022). *Caractérisation des événements pluviométriques extrêmes dans la basse vallée du fleuve Mono au Bénin Résumé Abstract*. 21(5), 177–192.
21. Ogou, F. K., Kpaikpai, B., Ogwang, B. A., Sein, Z. M. M., Ongoma, V., & Ngarukiyimana, J. P. (2016). Investigation of the influence of atlantic ocean on rainfall Variability over benin republic, west africa. *Ethiopian Journal of Environmental Studies & Management*, 9(1), 70 – 79. <https://doi.org/doi: http://dx.doi.org/10.4314/ejesm.v9i1.7>
22. OGOUWALE, E. (2015). Incidences des extremes pluviometriques au Benin Impact of extreme rainfall in Benin. *Journal de La Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 17(2), 193–210.
23. Ogouwale, R. ;, Koudamiloro, O. ;, Akakpo, E. ;, Vissin, E. W., & Dipama, J.-M. (2020). STRATÉGIES D'ADAPTATION PAYSANNE AUX RISQUES HYDROCLIMATIQUES DANS LE BASSIN VERSANT DU FLEUVE OUÉMÉ À BÉTÉROU AU BÉNIN, AFRIQUE DE L'OUEST. *Revue Ivoirienne Des Sciences et Technologie - REVIST*, 35, 384–404.
24. Oyede, M. I., Hounzime, S., Agbokou, I., Alhassane, A., & Yabi, I. (2022). Caractéristiques Spatio – temporales de la Variabilité Climatique au Benin (Afrique de L'ouest). *European Scientific Journal*, ESJ, 18(30), 240. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p240>
25. Paturel, J. E. (1998). *KHRONOSTAT*. IRD. <http://www.hydrosciences.org/index.php/2020/09/04/khronostat/>
26. Sun, Q., Zhang, X., Zwiers, F., Westra, S., & Alexander, L. V. (2021). A global, continental, and regional analysis of changes in extreme precipitation. *Journal of Climate*, 34(1), 243–258. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0892.1>
27. Vischel, T., Panthou, G., Peyrillé, P., Roehrig, R., Quantin, G., Lebel, T., Wilcox, C., Beucher, F., & Budiarti, M. (2018). Precipitation Extremes in the West African Sahel: Recent evolution and physical mechanisms. In *Tropical Extremes: Natural Variability and Trends* (pp. 95–138). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809248-4.00004-2>
28. Vissin, E. W. (2007). *Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger*. Université de Bourgogne, France.
29. Yabi, I., & Afouda, F. (2012). Extreme rainfall years in Benin (West Africa). *Quaternary International*, 262, 39–43. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.12.010>

Profil épidémiologique de la surcharge pondérale chez les travailleurs : cas du personnel du Ministère du Travail et de la Fonction Publique au BENIN en 2023

Bedie Toïhen Lucile Tatiana Sèdomèdji

Faculté des Sciences de la Santé de l'Université d'Abomey-Calavi
(FSS/UAC), Cotonou, Bénin

Ministère du Travail et de la Fonction Publique, Cotonou, Bénin

Padonou Géraud

Faculté des Sciences de la Santé de l'Université d'Abomey-Calavi
(FSS/UAC), Cotonou, Bénin

Sossa Charles Jérôme

Département Promotion de la Santé,
Institut Régional de Santé Publique, Ouidah, Bénin

Tokpanoude Coovi Nonwanou Ignace

Koutchoro Bayédjè Evrard

Djossou Sègnon Eurydice Elvire

Badirou Aguemon

Faculté des Sciences de la Santé de l'Université d'Abomey-Calavi
(FSS/UAC), Cotonou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n30p123](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p123)

Submitted: 12 July 2024

Accepted: 28 October 2024

Published: 31 October 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Bedie Toïhen L.T.S., Padonou G., Sossa C.J., Tokpanoude C.N.I., Koutchoro B.E., Djossou S.E.E. & Badirou A. (2024). *Profil épidémiologique de la surcharge pondérale chez les travailleurs : cas du personnel du Ministère du Travail et de la Fonction Publique au BENIN en 2023*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (30), 123.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p123>

Résumé

Introduction : La question de la surcharge pondérale a été identifiée comme étant l'un des principaux problèmes de santé publique du XXI^e siècle non seulement à cause de sa prévalence élevée, mais également à cause de sa progression rapide au cours des dernières décennies. La présente étude vise à déterminer le profil épidémiologique de la surcharge pondérale chez les travailleurs du Ministère du Travail et de la Fonction Publique (MTFP) en

2023 au Bénin. **Matériels et méthodes** : Il s'agit d'une étude transversale descriptive menée du 16 août au 17 décembre 2023 au sein du personnel du MTFP. Les variables à l'étude étaient la surcharge pondérale, les caractéristiques sociodémographiques, professionnelles et alimentaires, le mode de vie, les facteurs anthropométriques et les antécédents familiaux d'obésité. Il a été procédé à un recrutement exhaustif des travailleurs répondant à nos critères d'inclusion et à une enquête par questionnaire. Les données ont été analysées à l'aide du logiciel R 4.0.4. **Résultats** : Au total, 379 travailleurs ont été inclus dans notre étude. L'âge moyen des travailleurs enquêtés était de 44,86 ans \pm 7,67 ans, avec 202 (53,30%) travailleurs d'au moins 45 ans. Les hommes prédominaient avec un effectif de 228 (60,16%). La prévalence de la surcharge pondérale était de 63,32% (240 travailleurs), les femmes étant dans une proportion de 52,50% (126 femmes). Chez ces travailleurs en surcharge pondérale, il est observé le déplacement pour le service en voiture chez 54,17%, des membres de famille collatéraux généralement en surcharge pondérale chez 33,75%, une faible activité physique chez 64,58%, la consommation fréquente d'aliments sucrés chez 31,67%, la consommation fréquente de la pâte de maïs chez 19,17%, le grignotage chez 88,33%, l'hypertension artérielle chez 42,08% et le diabète chez 52,50%. **Conclusion** : La prévalence de la surcharge pondérale chez les travailleurs du MTFP, de 63,32%, est élevée et les facteurs de risque sont multiples. Pour pallier la croissance de ce problème de santé publique, l'éducation et la sensibilisation des travailleurs sur ces facteurs s'avère nécessaire.

Mots-clés: Surcharge pondérale, Travailleurs ; Profil épidémiologique ; Fonction Publique ; Bénin

Epidemiological Profile of overweight among workers: case of the personnel of the Ministry of Labor and Public Service in BENIN in 2023

Bedie Toïhen Lucile Tatiana Sèdomèdji

Faculté des Sciences de la Santé de l'Université d'Abomey-Calavi
(FSS/UAC), Cotonou, Bénin

Ministère du Travail et de la Fonction Publique, Cotonou, Bénin

Padonou Géraud

Faculté des Sciences de la Santé de l'Université d'Abomey-Calavi
(FSS/UAC), Cotonou, Bénin

Sossa Charles Jérôme

Département Promotion de la Santé,
Institut Régional de Santé Publique, Ouidah, Bénin

Tokpanoude Coovi Nonwanou Ignace

Koutchoro Bayédjè Evrard

Djossou Sègnon Eurydice Elvire

Badirou Aguemon

Faculté des Sciences de la Santé de l'Université d'Abomey-Calavi
(FSS/UAC), Cotonou, Bénin

Abstract

Introduction: The issue of overweight has been identified as one of the major public health problems of the 21st century, not only because of its high prevalence but also because of its rapid progression over recent decades. The aim of this study was to determine the epidemiological profile of overweight among Ministry of Labour and Public Service (MTFP) workers in 2023 in Benin. **Materials and methods:** This was a descriptive cross-sectional study conducted from 16 August to 17 December 2023 among MTFP staff. The study variables were overweight, sociodemographic, occupational and dietary characteristics, lifestyle, anthropometric factors and family history of obesity. All workers meeting our inclusion criteria were recruited and a questionnaire survey was carried out. Data were analysed using R 4.0.4 software. **Results:** A total of 379 workers were included in our study. The mean age of the workers surveyed was 44.86 ± 7.67 years, with 202 (53.30%) workers at least 45 years old. Men predominated, with 228 (60.16%). The prevalence of overweight was 63.32% (240 workers), with women accounting for 52.50% (126 women). Among these overweight workers, 54.17% traveled to work by car, 33.75% generally had collateral family members overweight, 64.58% were not very physically active, 31.67% frequently ate sugary foods,

19.17% frequently ate corn dough, 88.33% snacked, 42.08% had high blood pressure and 52.50% had diabetes. **Conclusion:** The prevalence of overweight among MTFP workers, at 63.32%, is high, and the risk factors are multiple. To counteract the growth of this public health problem, workers need to be educated and made aware of these factors.

Keywords: Overweight, Workers; Epidemiological profile; Public service; Benin

Introduction

La surcharge pondérale, qui résulte d'une prise de poids et inclut à la fois le surpoids et l'obésité, constitue un problème de santé mondial croissant à un rythme alarmant. Selon les données récentes de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) pour 2020, l'incidence de l'obésité a presque triplé depuis 1975. En 2016, 39 % des adultes de 18 ans et plus étaient en surpoids, tandis que 13 % souffraient d'obésité. Le fardeau global de la surcharge pondérale est estimé à 2,8 millions de décès par an (Sameuel D. et al, 2019). L'obésité représente donc un enjeu majeur de santé publique (WHO, 2000). Elle est associée à une augmentation significative des risques de diverses morbidités, telles que le diabète de type 2, l'hypertension artérielle, les maladies cardiovasculaires, les troubles musculo-squelettiques, ainsi que plusieurs types de cancers. De plus, l'obésité peut réduire l'espérance de vie de deux à trois ans, tandis que l'obésité sévère peut diminuer l'espérance de vie de plus de huit ans (Gary W., 2019 WHO., 2000.).

La prévalence de la surcharge pondérale en Afrique est estimée entre 20 et 50 % d'ici 2025. Des études révèlent que parmi les populations adultes, 20,8 % des Nigériens sont en surpoids, tandis que 31,3 % des Sud-Africains sont obèses. Au Ghana, 37,1 % des adultes sont en surpoids et 27,8 % sont obèses (Benkeser RM.,2012 ; Adebayo RA, 2014 ; OMS, 2019).

Au Bénin, les efforts pour lutter contre l'obésité n'ont pas atteint les résultats escomptés. Des études réalisées à Ouidah, Cotonou, et en milieu rural ont révélé des prévalences d'obésité bien au-dessus de la moyenne nationale : 28,2 % en milieu rural et 52,5 % en milieu urbain. Les femmes sont particulièrement touchées, avec une prévalence de l'obésité quatre fois supérieure à celle des hommes. Cette forte prévalence pourrait être liée à une évolution alimentaire où la consommation d'aliments naturels a diminué au profit des aliments transformés, créant ainsi un déséquilibre en nutriments et en énergie dans les régimes alimentaires (Ministère de Santé, 2014). De plus, plusieurs facteurs contribuent à l'augmentation de la surcharge pondérale, tels que la réduction des repas faits maison, l'essor de la consommation de fast-food, la courte durée des repas (ABEOSM, 2019), le statut socio-économique, le faible niveau d'activité physique, la consommation de boissons sucrées ou

de repas énergétiques, ainsi que les facteurs environnementaux (Zhang H., 2017).

Les travailleurs sont de plus en plus confrontés à des environnements de travail qui favorisent la surcharge pondérale. La sédentarité accrue, les horaires de travail chargés et le stress peuvent contribuer à des comportements alimentaires déséquilibrés et à une activité physique insuffisante. Ces facteurs, combinés à des environnements de travail souvent peu propices à des choix alimentaires sains, augmentent le risque de surpoids et d'obésité parmi les travailleurs. Étudier la surcharge pondérale dans ce groupe est important car elle peut affecter la santé globale, la productivité et le bien-être des employés, entraînant des coûts accrus pour le système de santé. Le ministère du travail et de la fonction publique joue un rôle central dans la formulation et l'application des politiques publiques. En tant que l'un des vingt-quatre ministères du gouvernement de la République du Bénin, ce ministère comprend plusieurs structures directement rattachées au ministre, telles que le cabinet du ministre, le secrétariat général, les directions centrales, les directions techniques et divers organismes sous tutelle. En étudiant la surcharge pondérale au sein de ce ministère, il est possible d'identifier des besoins spécifiques en matière de santé et de bien-être, ce qui peut influencer positivement les politiques de santé au travail et conduire à l'élaboration de programmes de prévention adaptés à ce milieu.

Cadre et Methode d'étude

L'étude s'était déroulée sur les différents lieux abritant les travailleurs du Ministère du Travail et de la Fonction Publique, notamment dans les douze (12) Directions Départementales du Travail et de la Fonction Publique et les endroits abritant le personnel du MTFP dans le département du Littoral. Il s'est agi d'une étude prospective, transversale et descriptive qui s'est déroulée sur une période de quatre (04) mois allant du 16 août au 17 décembre 2023.

La population d'étude était constituée des fonctionnaires du MTFP. La méthode d'échantillonnage utilisée était non probabiliste et la technique par commodité avec la sélection de tous les sujets disponibles et répondant aux critères d'inclusion. Nous avons inclus tous les employés du MTFP en 2023 qui ont donné leur consentement éclairé pour participer à l'étude et exclu les travailleurs qui étaient en mission ou en congés (56). La taille de l'échantillon a été calculée par la formule de Schwartz :

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 p q}{i^2}$$

$p = 77,7\%$ (Prévalence de la surcharge pondérale chez les banquiers de la ville d'Arusha, en Tanzanie) [10],

n = taille de l'échantillon,

$Z_{\alpha} = 1,96$ qui est l'écart-réduit pour un risque d'erreur $\alpha = 5\%$,

$q = 100 - p$ et $p = 77,7\%$

$i = 0,05$ (précision désirée)

$n = 266$ travailleurs

A cette taille a été appliquée une marge de 10% d'où $N = 292$ travailleurs.

Variables à l'étude

Les variables étaient :

- Surcharge pondérale : est considérée comme en surcharge pondérale tout travailleur ayant un Indice de Masse Corporelle (IMC) supérieur ou égal à 25 kg/m^2 ($\text{IMC} \geq 25 \text{ kg/m}^2$).

La surcharge pondérale comprend le surpoids ($25 \text{ kg/m}^2 < \text{IMC} \leq 30 \text{ kg/m}^2$) et l'obésité ($\text{IMC} > 30 \text{ kg/m}^2$).

- Caractéristiques socio-démographiques (âge, sexe, statut matrimonial, nombre d'enfants) ;
- Caractéristiques professionnelles (Poste de travail, travail sédentaire, moyen de déplacement pour le service). Les postes de travail étaient subdivisées en trois (03) catégories :
Poste d'exécution ;
Poste de conception niveau A : poste de conception, de direction et d'encadrement supérieur ;
Poste de conception niveau B : poste d'encadrement intermédiaire, d'application et de rédaction.
- Caractéristiques liées au mode de vie (consommation du tabac, consommation de l'alcool, activité physique, durée de sommeil). L'activité physique a été classée en trois (03) catégories : activité physique intense (au moins 30 mn d'activité par jour), activité physique modérée (activité physique deux à trois fois par semaine), activité physique faible (une ou aucune activité physique par semaine). La durée du sommeil a été scindée en deux phases : inférieure à huit (08) heures et supérieure ou égale à huit (08) heures (Simon R. et al., 2005)
- Caractéristiques liées à l'alimentation des travailleurs (pratiques alimentaires quotidiennes, rythme des repas, type de repas). Pour ces deux derniers types de caractéristiques, deux critères ont été utilisés : fréquemment qui correspond à plusieurs fois par semaine et rarement qui représente au plus une fois par semaine.
- Caractéristiques anthropométriques (poids, taille, IMC) ;
- Antécédents familiaux de surcharge pondérale (ascendants en surcharge pondérale, collatéraux en surcharge pondérale. Les ascendants désignent les géniteurs tandis que les collatéraux font référence aux frères et sœurs, aux cousins et cousines, aux oncles et

tantes. Le terme « généralement » désigne plus de la moitié des personnes concernées.

Technique et outils de collecte des données

Les données ont été collectées à l'aide d'un questionnaire structuré administré aux enquêtés. Un Pré-test du questionnaire avait été réalisé pour en assurer la clarté et faire des ajustements au besoin afin d'avoir un outil définitif. Les données anthropométriques avaient été recueillies à l'aide des instruments de mesure physique tels que des balances mécaniques pour adultes [modèle 761, SECA], des toises mobiles graduées respectivement pour les mesures du poids et de la taille. Les autres données avaient été recueillies par déclaration du travailleur.

La phase de collecte était précédée d'une formation des enquêteurs sur les techniques d'administration des questionnaires afin qu'ils soient capables de bien expliquer les différentes questions aux travailleurs sélectionnés dans le cadre de notre étude pour recueillir l'information juste. Les enquêteurs ont recueilli les informations sur les différents sites du cadre de l'étude. À la fin de chaque journée de travail, la complétude et la cohérence des données étaient vérifiées.

Analyse statistique

L'analyse des données a été réalisée avec le logiciel R.4.0.4. Les données quantitatives ont été exprimé en moyennes avec leurs écart- types et les données qualitatives en proportions.

Considérations éthiques

Une autorisation a été demandée et obtenue auprès du Ministre du Travail et de la Fonction Publique avant le démarrage de l'étude. Un consentement éclairé individuel a été obtenu chez chaque participant. Les données ont été collectées et traitées dans le respect de la confidentialité et des droits humains.

Resultats

Prévalence de la surcharge pondérale

Le tableau I présente la répartition des travailleurs enquêtés au MTFP selon la surcharge pondérale.

Tableau I : Répartition des travailleurs enquêtés au Bénin en 2023 au MTFP selon la surcharge pondérale (n=379), MTFP 2023

	Effectif	Pourcentage
Maigreux	6	1,59
Normal	133	35,09
Surcharge pondérale	240	63,32

Au total, 379 travailleurs ont participé à l'étude avec un âge moyen de 44,86 ans \pm 7,67 ans.

Chez les 379 travailleurs enquêtés, 240 présentaient une surcharge pondérale soit une prévalence de 63,32%, IC_{95%} : [58,23 - 68,15].

Caractéristiques sociodémographiques et professionnelles des travailleurs en surcharge pondérale du MTFP au Bénin

Le tableau II présente les caractéristiques sociodémographiques et professionnelles des travailleurs enquêtés au MTFP et en surcharge pondérale.

Tableau II : Caractéristiques sociodémographiques et professionnelles des travailleurs enquêtés au Bénin en 2023 au MTFP et la surcharge pondérale (n=240), MTFP 2023

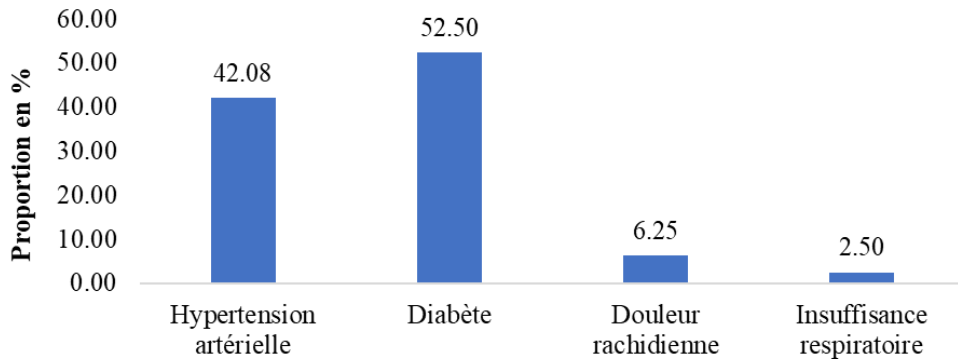
	Surcharge pondérale		Total
	Oui n (%)	Non n (%)	
Age			
]25-34]	22 (9,17)	13 (9,35)	35
35,44	93 (38,75)	49 (35,25)	142
≥ 45	125 (52,08)	77 (55,40)	202
Sexe			
Masculin	114 (47,50)	114 (82,01)	228
Féminin	126 (52,50)	25 (17,99)	151
Nombre d'enfants			
< 3	94 (39,17)	42 (30,22)	136
≥ 3	146 (60,83)	97 (69,78)	243
Situation matrimoniale			
Célibataire	94 (39,17)	53 (38,13)	147
Marié	146 (60,83)	85 (61,15)	231
Veuf/Divorcé	0 (0,00)	1 (0,72)	1
Poste de travail			
Poste d'exécution	49 (20,42)	35 (25,18)	84
Poste de conception niveau A	21 (8,75)	14 (10,07)	35
Poste de conception niveau B	170 (70,83)	90 (64,75)	260
Moyen de déplacement			
Pieds	6 (2,50)	8 (5,76)	14
Moto	104 (43,33)	73 (52,52)	177
Voiture	130 (54,17)	58 (41,73)	188

Les caractéristiques sociodémographiques des travailleurs enquêtés étaient les suivantes :

L'âge moyen des sujets en surcharge pondérale était de 44,6 ans \pm 7,67 ans, avec des extrêmes de 28 ans et de 60 ans. Les travailleurs de plus de 45 ans étant dans une proportion de 52,08%. La surcharge pondérale était plus élevée chez les femmes (52,50%) que chez les hommes, de même pour les travailleurs mariés (60,83%) comparativement aux célibataires (39,17%). Par ailleurs, 130 des travailleurs en surcharge pondérale (54,17%) se déplaçaient en voiture pour aller au service.

Antécédents médicaux des travailleurs du MTFP au Bénin en surcharge pondérale

La figure 1 présente les antécédents médicaux des travailleurs enquêtés au MTFP et en surcharge pondérale.



Antécédents médicaux

Figure 1 : Antécédents médicaux des travailleurs enquêtés au Bénin en 2023 au MTFP et en surcharge pondérale (n=240), MTFP 2023

La recherche des antécédents médicaux des travailleurs enquêtés présentant une surcharge pondérale a montré que leur majorité (52,50%) est diabétique.

Antécédents familiaux des travailleurs du MTFP au Bénin en surcharge pondérale

Le tableau III présente les antécédents familiaux des travailleurs enquêtés au MTFP et la surcharge pondérale.

Tableau III : Antécédents familiaux de surcharge pondérale chez les travailleurs enquêtés au Bénin en 2023 au MTFP et la surcharge pondérale (n=379), MTFP 2023

	Surcharge pondérale		Total
	Oui n (%)	Non n (%)	
Ascendants en surcharge pondérale (au moins un)			
Non	131 (54,58)	107 (76,98)	238
Oui	109 (45,42)	32 (23,02)	141
Collatéraux généralement en surcharge pondérale			
Non	159 (66,25)	122 (87,77)	281
Oui	81 (33,75)	17 (12,23)	98

La répartition des antécédents familiaux de surcharge pondérale chez les travailleurs enquêtés présentant une surcharge pondérale avait montré que 33,75% d'entre eux ont des collatéraux généralement en surcharge pondérale.

Hygiène de vie des travailleurs du MTFP au Bénin

Le tableau IV présente l'hygiène de vie des travailleurs enquêtés au MTFP et la surcharge pondérale.

Tableau IV : Hygiène de vie des travailleurs enquêtés au Bénin en 2023 au MTFP et la surcharge pondérale (n=379), MTFP 2023

	Surcharge pondérale		Total
	Oui n (%)	Non n (%)	
Prise de boissons alcoolisées			
Non	82 (34,17)	49 (35,25)	131
Oui	158 (65,83)	90 (64,75)	248
Consommation du tabac			
Non	234 (97,50)	136 (97,84)	370
Oui	6 (2,50)	3 (2,16)	9
Consommation du café			
Non	163 (67,92)	84 (60,43)	247
Oui	77 (32,08)	55 (39,57)	132
Activité physique			
Intense	11 (4,58)	14 (10,07)	25
Modérée	74 (30,83)	65 (46,76)	139
Faible	155 (64,58)	60 (43,17)	215
Durée de sommeil			
< 08 h	21 (8,75)	29 (20,86)	50
≥ 08 h	219 (91,25)	110 (79,14)	329

Les facteurs comportementaux en rapport avec l'hygiène de vie des travailleurs enquêtés ayant une surcharge pondérale étaient dominé par la consommation de boissons alcoolisées (65,83%) et une faible activité sportive (64,58%).

Pratiques alimentaires des travailleurs enquêtés au MTFP au Bénin

Le tableau V présente la relation entre les habitudes alimentaires des travailleurs enquêtés au MTFP et la surcharge pondérale.

Tableau V : Relation entre les habitudes alimentaires des travailleurs enquêtés au Bénin en 2023 au MTFP et la surcharge pondérale (n=379), MTFP 2023

	Surcharge pondérale		Total
	Oui n (%)	Non n (%)	
Consommation de légumes			
Fréquemment	159 (66,25)	89 (64,03)	248
Rarement	81 (33,75)	50 (35,97)	131
Consommation de fruits			
Fréquemment	221 (92,08)	120 (86,33)	341
Rarement	19 (7,92)	19 (13,67)	38
Consommation d'aliments sucrés			
Rarement	164 (68,33)	109 (78,42)	273
Fréquemment	76 (31,67)	30 (21,58)	106
Consommation de boissons sucrées			
Fréquemment	202 (84,17)	119 (85,61)	321
Rarement	38 (15,83)	20 (14,39)	58
Consommation de volaille			
Fréquemment	108 (45,00)	49 (35,25)	157
Rarement	132 (55,00)	90 (64,75)	222
Consommation de la viande rouge			
Fréquemment	85 (35,42)	41 (29,50)	126
Rarement	155 (64,58)	98 (70,50)	253
Consommation de la pâte de maïs			
Rarement	194 (80,83)	127 (91,37)	321
Fréquemment	46 (19,17)	12 (8,63)	58
Consommation de produits laitiers			
Fréquemment	91 (37,92)	45 (32,37)	136
Rarement	149 (62,08)	94 (67,63)	243
Grignotage			
Non	28 (11,67)	40 (28,78)	68
Oui	212 (88,33)	99 (71,22)	311

Les habitudes alimentaires des travailleurs enquêtés ayant une surcharge pondérale étaient dominée par la consommation régulière de boissons sucrées (84,17%) et le grignotage (88,33%).

Discussion

La prévalence de la surcharge pondérale observée dans notre étude (63,32% IC95% : [58,23 - 68,15]) est proche de celle rapportée par Zubery et al. en 2021, qui a enregistré une prévalence de 68,9% parmi les agents de santé, les enseignants et les banquiers de la ville d'Arusha en Tanzanie, avec des taux de 77,7% chez les banquiers, 68,9% chez les professionnels de la santé et 62,6% chez les enseignants (Zubery et al., 2021). Elle est par contre inférieure à celle rapportée par l'étude de Richard GK et al. (69,1%) de surcharge pondérale chez les infirmières écossaises (Richard GK et al., 2016).

La prévalence de la surcharge pondérale obtenue chez les femmes (52,50%) était supérieure à celle des hommes dans la présente étude. Ce résultat corrobore celui de Sarah N. et al. qui a montré des proportions plus élevées de surcharge pondérale chez les femmes (66,67%) que chez les hommes 33,33% (Sarah N. et al.,2017).

Suivant l'âge, 52,08 % des travailleurs du MTFP en surcharge pondérale avaient plus de 45 ans. L'étude de Pobee, R. A et al. a révélé des résultats similaires. En effet, l'étude a enregistré une prévalence de 58,3% (Pobee, R. A et al.,2013). De plus, notre étude a permis de constater que le nombre de travailleurs en surcharge pondérale est plus élevé dans la tranche d'âge de 35 à 44 ans que celle de 25 à 34 ans Ce résultat corrobore les observations de Sarah N. et al. qui avait également constaté le même phénomène (Sarah N. et al.,2017).

Le déplacement pour le service en voiture (54,17%), les collatéraux généralement en surcharge pondérale (33,75%), la consommation fréquente de la pâte de maïs (19,17%), le grignotage (88,33%), l'hypertension artérielle (42,08%) et le diabète (52,50%) ont également été observés chez les travailleurs en surcharge pondérale dans l'étude de Zubery et al. en 2021 (Zubery et al., 2021) qui énonçait, entre autres, que les travailleurs en surcharge pondérale étaient exposés à un mode de transport au service en voiture privée ou transport en commun. Barbadoro P. et al. retrouvaient dans leur étude que des travailleurs en surcharge pondérale appartenaient à des membres de famille généralement obèses (Barbadoro P. et al., 2015). Mbochi R. W. et al. au Kenya retrouvaient que les travailleurs en surcharge pondérale étaient fréquemment exposés à la consommation de céréales (Riz, bouillie de maïs, chips de pommes de terre), des produits laitiers (yaourt, glace), de la viande et des œufs (Mbochi R. W. et al., 2021).

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que les travailleurs ont un apport plus accru en protéines (bœuf, poulet, viandes transformées) et en graisses. Margaret A. et al. au Ghana en 2017 avaient aussi montré que les travailleurs en surcharge pondérale présentaient en proportion élevée des hypertendus artériels et des diabétiques (Margaret A.,2017).

Conclusion

La prévalence de la surcharge pondérale chez les travailleurs du MTFP au Bénin, en 2023 est élevée et principalement chez les travailleurs de sexe féminin, ceux qui se déplacent pour le service en voiture, consomment fréquemment des boissons sucrées, grignotent, et ont des antécédents d'hypertension artérielle et de diabète. L'éducation et la sensibilisation des travailleurs sur ces facteurs de risque de la surcharge pondérale constituent des outils essentiels pour réduire ce problème de santé publique.

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

Déclaration de financement : Les ressources utilisées dans cette étude ont été mobilisées sur fonds propres. Aucun financement n'a été reçu de sociétés ou d'organisations précises.

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

Déclaration relative aux participants humains

Une autorisation a été demandée et obtenue auprès du Ministre du Travail et de la Fonction Publique avant le démarrage de l'étude. Les participants ont été informés des objectifs et des modalités de l'étude et ont donné leur consentement verbal.

La confidentialité des données a été assurée et les données ont été analysées de manière anonyme. L'anonymat et la confidentialité des données recueillies ont été conformes aux principes éthiques applicables aux recherches médicales sur les sujets humains contenus dans la Déclaration de l'Association Médicale Mondiale d'Helsinki.

References:

1. Addo PNO, Kofi MN, Samuel OS, Akweongo P, Bismark S., 2015, « Prévalence de l'obésité et du surpoids et facteurs associés parmi les employés des institutions financières dans la métropole d'Accra, Ghana : une étude transversale ». *BMC*, DOI 10.1186/s13104-015-1590-1.
2. Adebayo RA, Balogun MO, Adedoyin RA, Obashoro-John OA, Bisiriyu LA, Abiodun OO., 2014, « Prévalence et modèle de surpoids et d'obésité dans trois communautés rurales du sud-ouest du Nigéria ». *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity : Targets and Thérapy. European Scientific Journal* ; 7 : 153-158.
3. Association brésilienne pour l'étude l'obésité et du syndrome métabolique, 2016, « Lignes directrices brésiliennes sur l'obésité en 2016 ». 49 ed Sao Paul : ABESO ; [cité le 01 avril 2019]. Disponible à l'adresse : <https://abeso.org.br/wp-content/uploads/2019/12/Diretrizes-Downlod-Brazilian-Obesity-Guidelines-2016.pdf>.
4. Barbadoro P, Santarelli L, Croce N, Bracci M, Vincitorio D, Prospero E, et al. (2013) Correction: Rotating Shift-Work as an Independent Risk Factor for Overweight in Italian Workers: A Cross-Sectional Study. *PLoS ONE* 8(6): 10.1371/annotation/2f0fb30e-1db9-4d28-97aa-

- eaf0a55cfa2c. <https://doi.org/10.1371/annotation/2f0fb30e-1db9-4d28-97aa-eaf0a55cfa2c>
5. Benkeser RM, Biritwum R, Hill AG., 2012, « Prévalence du surpoids et de l'obésité et perception d'une taille corporelle saine et souhaitable chez les femmes ghanéennes vivant en milieu urbain ». *Ghanaian Medical Journal* ; 46 (2) : 66-75.
 6. Richard GK, Rosie AN, Iain MA., 2016, « Prévalence du surpoids et de l'obésité chez les infirmières en Écosse ». *Revue internationale d'études infirmières*, 53 : 126-33.
 7. Margaret A, Kuumuori JG, Adjuik M, Nana F A, Grace Billi K., 2017, « Prévalence différentielle et associations du surpoids et de l'obésité selon le sexe et le groupe de population parmi les apprenants scolaires en Afrique du Sud : une étude transversale ». *BMC, Obésité* 4 : 29 DOI 10.1186/s40608-017-0165-1.
 8. Mbochi R W, Kuria E, Kimiywe J, Ochola S, Steyn N P., 2012, « Prédicteurs du surpoids et de l'obésité chez les femmes adultes de la province de Nairobi, au Kenya ». *BMC*. <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/12/823>.
 9. Ministère de Santé. « Guide alimentaire pour la population brésilienne », 2014, 29 ed. Brasilia : Ministère de la Santé ; [cité le 01 avril 2019]. Disponible à l'adresse http://bvsm.sau.gov.br/bvs/pblicasoes/guia_alimentar_populaco_brasileira_2ed.pdf.
 10. OMS. 2014, « Profil par pays des maladies non transmissibles (MNT) ». OMS. Consulté le 5 mars 2019. Disponible à l'adresse <https://www.emro.who.int/fr/noncommunicable-diseases/highlights/scale-up-ncds.html> .
 11. Pobe RA, Owusu WB, Plahar WA., 2013, « La prévalence de l'obésité chez les enseignantes en âge de procréer au Ghana ». *Revue africaine sur l'alimentation, l'agriculture, la nutrition et le développement. ESJ* ; 13 (3) : 129-30.
 12. Prospective Studies Collaboration, Gary W., Sarah L., Paul S., Robert C., Jonathan E., Jim H., Nawab Q., Rory C., Richard P., 2009, « Body-mass index and cause-specific mortality in 900 000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies ». *The Lancet* ; 28;373(9669):1083-96. doi: 10.1016/S0140-6736(09)60318-4
 13. Sameuel D, Yalemzewod AG, Zegeye A, Molla MW., 2019, « Facteurs associés au surpoids et à l'obésité chez les adultes du nord-est de l'Éthiopie ». *Dove Medical Presse*. DOI : 10.2147/DMSO.S179699.
 14. Sarah N., Charles A., Tandi E. M., Nasheeta P., Rajiv T. E., Andre P. K., 2017, « Differential prevalence and associations of overweight and obesity by gender and population group among school learners in South

- Africa : a cross-sectional study » . *BMC Obesity*. 4 : 29 DOI 10.1186/s40608-017-0165-1.
15. Bauduceau B, Doucet J, Bordier L, Dupuy O, Garcia C. « Sommeil et valeurs normales: utilité pour le praticien ». *Rev Med Suisse*. 2005;1(40):2686-2690. <https://www.revmed.ch/revue-medicale-suisse/2005/revue-medicale-suisse-40/sommeil-et-valeurs-normales-utilite-pour-le-praticien>
 16. WHO Consultation on Obesity (1999: Geneva, Switzerland) & World Health Organization. (2000). Obesity : « preventing and managing the global epidemic : report of a WHO consultation» . *World Health Organization*. <https://iris.who.int/handle/10665/42330>
 17. Zhang H, Xu H, Song F, Xu W, Pallard-Borg S, Qi X., 2017, « Relation entre le statut socio-économique et le surpoids et l'obésité : Une grande étude basée sur la population d'adultes chinois ». *Ann Hum Biol.* ; 44 (6) : 495-501.
 18. Zubery D, Kimiywe J ; & Haikael D M., 2021, « Prévalence du surpoids et de l'obésité et ses facteurs associés chez les travailleurs de la santé, les enseignants et les banquiers de la ville d'Arusha, Tanzanie, diabète, syndrome métabolique et obésité ». *ESJ*, 14, 455-65.

Annexe : Outils de collecte

I. RENSEIGNEMENTS SOCIO DEMOGRAPHIQUES

1. Date de naissance : /__/__/ __/__/ /__/__/__/__/
2. Age : /__/__/ ans (*âge révolu*)
3. Sexe : Masculin /__/ Féminin /__/
4. Situation matrimoniale : Célibataire /__/ Marié /__/ Veuf/ Divorcé /__/
5. Nombre d'enfants : /__/__/

II. RENSEIGNEMENTS PROFESSIONNELS

6. Qualification professionnelle
7. Direction
8. Poste de travail

III. MESURES ANTHROPOMETRIQUES

9. Poids /__/__/__/ kg
10. Taille /__/__/__/ m

IV. RENSEIGNEMENTS COMPORTEMENTAUX

A- Habitudes alimentaires

11. A quelle fréquence consommez-vous de la volaille (poulet, canard, dinde, pintade) ?

Fréquemment (plusieurs fois par semaine) /__/

Rarement (jamais ou au plus une fois par semaine) /__/

12. A quelle fréquence consommez-vous de la viande rouge (bœuf, mouton, chèvre, porc) ?

Fréquemment (plusieurs fois par semaine) /__/

Rarement (jamais ou au plus une fois par semaine) /__/

13. A quelle fréquence consommez-vous les produits laitiers (lait, yaourt, fromage) ?

Fréquemment (plusieurs fois par semaine) /__/

Rarement (jamais ou au plus une fois par semaine) /__/

14. A quelle fréquence consommez-vous les légumes (amarante, grande morelle, fôtète, laitue, aubergine, concombre, chou, carotte) ?

Fréquemment (plusieurs fois par semaine) /__/

Rarement (jamais ou au plus une fois par semaine) /__/

15. A quelle fréquence consommez-vous les fruits (orange, papaye, mangue, goyave, ananas, mandarine, pomme...) ?

Fréquemment (plusieurs fois par semaine) /__/

Rarement (jamais ou au plus une fois par semaine) /__/

16. A quelle fréquence consommez-vous la pâte de maïs ?

Fréquemment (plusieurs fois par semaine) /__/

Rarement (jamais ou au plus une fois par semaine) /__/

17. A quelle fréquence consommez-vous les boissons sucrées (coca-cola, Pepsi, Fizzi, Fanta, Sprite, Moka, sirop, jus de fruits) ?

Fréquemment (plusieurs fois par semaine) /__/

Rarement (jamais ou au plus une fois par semaine) /__/

18. A quelle fréquence consommez-vous les aliments sucrés (bonbons, nougat, casse-croute sucré, pain sucré, biscuits sucrés, gâteaux) ?

Fréquemment (plusieurs fois par semaine) /__/

Rarement (jamais ou au plus une fois par semaine) /___/
19. Vous arrive-t-il de grignoter ? oui /___/ non /___/

B. Activités physiques

20. Des trois niveaux d'activités ci-après, cochez la case qui vous correspond le mieux c'est-à-dire ce que vous faites le plus souvent (choix unique) :

- activité physique intense (au moins 30 mn d'activité par jour) /___/
- activité physique modérée (activité physique deux à trois fois par semaine) /___/
- activité physique faible (une ou aucune activité physique par semaine) /___/

C. Durée de sommeil

21. Combien de temps dormez-vous en moyenne par jour ?

- 1- moins de 08 heures /___/ 2- au moins 08 heures /___/

D. Alcoolisme

22. Prenez-vous des boissons alcoolisées (bière, vin, sodabi) ? Oui /___/ Non /___/

E. Tabagisme

23. Consommez-vous du tabac ? Oui /___/ Non /___/

F. Prise de café

24. Consommez-vous du café ? Oui /___/ Non /___/

G. Moyen de déplacement au service

25. Quel est votre moyen de déplacement au service ?

- Voiture /___/ Moto /___/ Marche /___/

V. ANTECEDANTS FAMILIAUX

26. Au moins l'un de vos deux ascendants est-il en surcharge pondérale ?

- Oui /___/ Non /___/

27. Vos collatéraux sont-ils généralement en surcharge pondérale ?

- Oui /___/ Non /___/

VI. RENSEIGNEMENTS MEDICAUX

28. Souffrez-vous d'une ou des maladies suivantes ? (Entourez les lettres correspondant à vos réponses positives) :

- (a) Insuffisance cardiaque ou maladie coronarienne
- (b) Insuffisance respiratoire
- (c) Diabète
- (d) HTA
- (e) Hypercholestérolémie
- (f) Gonarthrose ou coxarthrose
- (g) Douleurs rachidiennes
- (h) Dépression
- (i) Paralysie d'un (ou plusieurs) membres.

Qualité trophique des étangs piscicoles dans la région d'Azaguié Abey (Côte d'Ivoire) à partir des taxons phytoplanctoniques

Estelle Sévérine Konan

Centre de Recherches Océanologiques, Département environnement,
Laboratoire de planctonologie, Abidjan, Côte d'Ivoire

Moreto Salla

Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Côte d'Ivoire

Koffi Komoe

Sotran Claudine Koffi

Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire des milieux naturels et de conservation de la biodiversité, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n30p140](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p140)

Submitted: 22 July 2024

Accepted: 28 October 2024

Published: 31 October 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Konan E.S., Salla M., Komoe K. & Koffi S.C. (2024). *Qualité trophique des étangs piscicoles dans la région d'Azaguié Abey (Côte d'Ivoire) à partir des taxons phytoplanctoniques*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (30), 140.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p140>

Résumé

Les aliments non consommés issus des élevages de poissons, leurs fèces et certaines pratiques liées aux activités piscicoles peuvent entraîner des conséquences néfastes sur l'état sanitaire des structures d'élevage. L'objectif de cette étude est de déterminer la qualité trophique des étangs piscicoles sur le lac de barrage Abey à Azaguié, à partir des taxons phytoplanctoniques. Les paramètres physico-chimiques tels que la température (C°), le pH, l'oxygène dissous (mg/L), la transparence (m), les nitrates (mg/L) et les orthophosphates (mg/L) ont été mesurés. Des clés de détermination ont permis d'identifier les principaux groupes d'algues et leur quantification a été faite par l'utilisation de cellules de Malassez. Les indices d'eutrophie de Nygaard, les indices A, B et C ont permis de déterminer la qualité trophique des différents étangs. Le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé pour étudier les différences de significativité entre les valeurs des paramètres environnementaux et entre les données phytoplanctoniques. Hormis les

valeurs des orthophosphates, qui sont au-delà de la norme, les autres paramètres environnementaux étudiés, indiquent des eaux propices à la pisciculture. Soixante-six taxons, répartis en 5 embranchements ont été identifiés. Ce sont : les Euglenophyta (30), les Chlorophyta (24), les Bacillariophyta (8), les Cyanoprocaryota (3) et les Dinophyta (1). Concernant la qualité des eaux, le nombre élevé d'Euglenophyta et de Chlorophyta indiquent des milieux riches en matières organiques. Les valeurs des indices trophiques ont montré que les eaux tendent vers une eutrophisation. En effet, l'indice A évoluant de 2,8 à 8,25 indiquent des milieux eutrophes. Les indices B variant de 0,4 à 1,5 indiquent des milieux oligotrophe (lac et grossissement) et eutrophe (alevinage et prégrossissement) et les indices C évoluant de 0,6 à 2 indiquent des milieux eutrophes. Ce travail contribuera à une bonne gestion des étangs en vue d'une activité piscicole saine pour le milieu récepteur et les poissons.

Mots-clés: Etangs piscicoles, qualité trophique, phytoplancton, Azaguié Abey

Trophic quality of fish ponds in Azaguié Abey (Côte d'Ivoire) based on phytoplankton taxa

Estelle Sévérine Konan

Centre de Recherches Océanologiques, Département environnement,
Laboratoire de planctonologie, Abidjan, Côte d'Ivoire

Moreto Salla

Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Côte d'Ivoire

Koffi Komoe

Sotran Claudine Koffi

Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Laboratoire des
milieux naturels et de conservation de la biodiversité, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

Uneaten food from fish farms, fish faeces and certain practices linked to fish farming activities can have harmful consequences on the health status of breeding structures. The aim of this work is therefore to determine the trophic quality of fish ponds in the Azaguié lake Abey, based on phytoplankton taxa. Physico-chemical parameters such as temperature (C°), pH, dissolved oxygen (mg/L), transparency (m), nitrates (mg/L) and orthophosphates (mg/L) were measured. Determination keys were used to identify the main groups of algae and Malassez cell made it possible to quantify them. Nygaard's eutrophy indices, indices A, B and C were used to determine the trophic quality of the different ponds. The non-parametric

Kruskal-Wallis test was used to study the significant difference between the values of environmental parameters and between phytoplankton data. Apart from orthophosphates values beyond the norm, the other environmental parameters indicated suitable waters for fish farming. Sixty-six taxa, divided into 5 phyla, were identified : Euglenophyta (30), Chlorophyta (24), Bacillariophyta (8), Cyanoprokaryota (3) and Dinophyta (1). Concerning water quality, high number of Euglenophyta and Chlorophyta indicated environment rich in organic matter. The trophy indices values of the different ponds showed that the waters tend towards eutrophication. Indeed, indices A varying from 2.8 to 8.25 show eutrophic environments. The indices B, varying from 0.4 to 1.5 indicate environments ranging from oligotrophy (lake and growth) to eutrophy (nursery and pre-growth) and Indices C, evolving from 0.6 to 2, indicate eutrophic environments. The conclusions of this work, will contribute to good management of ponds with a view to healthy aquaculture activity for the receiving environment and the fish.

Keywords: Fish ponds, trophic quality, phytoplankton, Azaguié Abey

Introduction

La pêche et l'aquaculture procurent 17% des protéines d'origine animale à l'échelle mondiale et les moyens de subsistance d'environ 660-820 millions de personnes soit 10-12% de la population mondiale (Lahsen *et al.*, 2015). En Côte d'Ivoire, la partie du territoire desservie par un réseau hydrographique permanent est estimée à près de 60% (MIPARH, 2003). Sur les plans d'eaux lagunaires et à l'intérieur des terres, de nombreux sites permettent l'implantation d'activités aquacoles. Le développement de l'aquaculture constitue un moyen pour accroître la production halieutique et faire face à la demande de plus en plus croissante des produits d'origine aquatique (MIPARH, 2009).

Cependant, l'on est unanime que ce développement doit se faire tout en respectant l'environnement. En Côte d'Ivoire, la pisciculture est la principale activité aquacole (MIPARH, 2009). L'exploitation des fermes aquacoles, à l'instar des activités industrielles, agricoles et urbaines, produit des déchets qui bouleversent l'équilibre écologique des milieux aquatiques hôtes (Price *et al.*, 2015). Ces fermes, exploitées pour la production intensive de poissons en pleine eau, ont l'inconvénient d'enrichir par les restes d'aliments donnés aux poissons, de leurs fèces, les sédiments situés en dessous des cages en matières organiques (Olapoju *et al.*, 2014). Les impacts peuvent alors être de divers ordres, tels que les blooms phytoplanktoniques, la diminution de la concentration en oxygène dissous, les odeurs nauséabondes, la perte ou modification d'habitats, les mortalités de poissons, etc., (Ouellet, 1999). La réalisation d'études environnementales est donc nécessaire pour

mieux comprendre les processus environnementaux liés à l'exploitation des fermes aquacoles en vue d'établir une politique de gestion durable des ressources en eau exploitées à des fins aquacoles. La pisciculture pouvant donc produire de grandes quantités de déchets organiques et nuire aux étangs piscicoles, ce travail réalisé dans les eaux des structures d'élevage de poissons à Abey et le lac alimentant ces structures a pour objectif de déterminer la structure du peuplement phytoplanctonique ainsi que l'état trophique de ces eaux à partir de ces micro algues.

1. Matériel et Methodes

1.1. Zone d'étude

La récolte des données s'est effectuée mensuellement de juillet à octobre 2022, dans la région d'Azaguié, située au nord-est de la ville d'Abidjan (Figure 1). Des structures d'élevage de poissons ont été visitées. Il s'agit : d'un étang en terre d'une superficie de 800 m² et de 2 m de profondeur, pour la station d'alevinage ; de cages flottantes d'une superficie de 25 m² et de 2 m de profondeur pour les sites de prégrossissement et de grossissement. Un prélèvement a été également effectué dans le lac alimentant ces différentes structures d'élevage. Ces sites ont été choisis pour évaluer l'état trophique des étangs aux différents stades de développement des alevins. Ce site ne dispose que d'étang en terre pour le stade d'alevinage. Dans ces fermes, s'effectuent une production intensive de Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

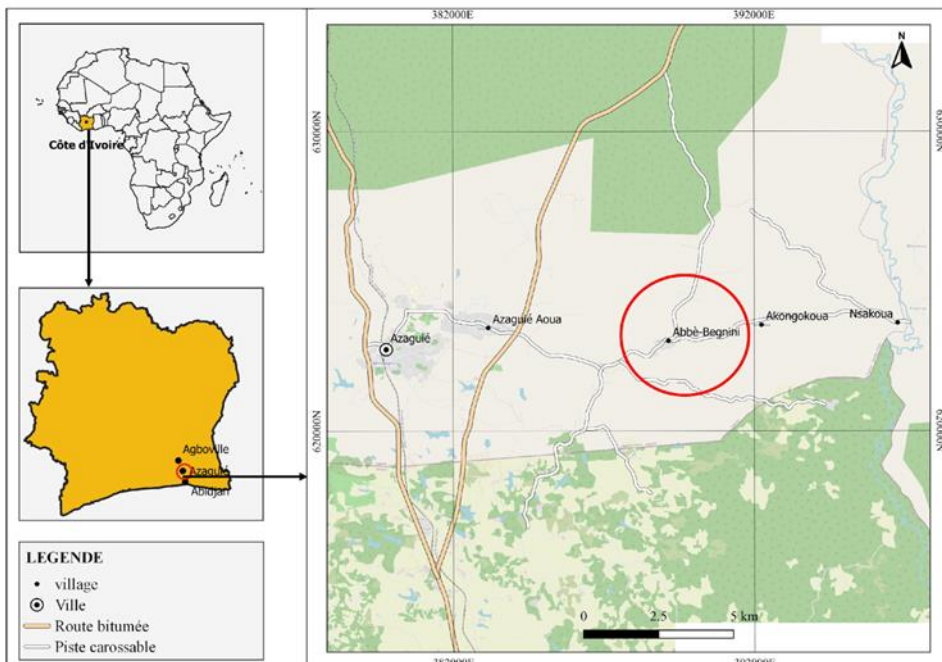


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

1.2. Mesure des paramètres physico chimiques

Des mesures *in situ* concernant les paramètres tels que la température (C°), le pH et l'oxygène dissous (mg/L) ont été effectuées à l'aide d'un multiparamètre portable de type HQ 40D. Un disque de Secchi a été utilisé pour déterminer la transparence (m). Les dosages des sels nutritifs en l'occurrence les nitrates (mg/L) et les orthophosphates (mg/L) ont été effectués à l'aide d'un spectrophotomètre Hach-Lange DR-6000.

1.3. Prélèvement, observation et comptage des échantillons phytoplanctoniques

Les prélèvements du phytoplancton ont été réalisés par traction horizontale sur une distance d'au moins 6 m à la surface de l'eau, à l'aide d'un filet à plancton de 20 µm de vide de maille. Le filtrat recueilli est transvasé et conservé dans un pilulier et fixé au formol à la concentration finale de 5%. Les observations ont été faites à l'aide d'un microscope photonique Olympus CKX 41 au laboratoire de planctonologie du Centre de Recherches Océanologiques. L'identification des différents taxons au niveau spécifique et/ou infra spécifique s'est faite grâce à l'utilisation des ouvrages de Bourrelly (1961 et 1985), Iltis (1980), Ouattara (2000), Kouassi (2013), Konan (2014) et Salla (2015).

Le comptage des cellules phytoplanctoniques a été effectué à l'aide de la cellule de Malassez et les densités ont été exprimées en Cellules/L.

1.4. Méthode d'analyse du peuplement phytoplanctonique

1.4.1. Indice de similarité de Jaccard

Cet indice varie de 0 (absence de similarité) à 1 (milieux identiques). La formule est la suivante :

$$C_j = \frac{j}{a + b - j}$$

C_j = indice de similarité de Jaccard, j = nombre d'espèces communes aux deux stations, a = le nombre de taxons propres à la station 1, b = le nombre de taxons propres à la station 2.

1.4.2. Pourcentage d'occurrence

C'est le rapport exprimé en pourcentage entre le nombre d'échantillons où l'espèce i apparaît et le nombre total d'échantillons de l'unité biocénotique considérée (Dajoz, 2000).

$$F = \frac{F_i}{F_t}$$

F_i = nombre de relevés contenant l'espèce i ; F_t = nombre total de prélèvements effectués.

$F > 50$ p.c. : espèces constantes ; $- 25$ p.c. $< F < 50$ p.c. : espèces accessoires ;
 $- F < 25$ p.c. : espèces accidentelles.

1.4.3. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H')

Il présente une quantité d'informations sur la structure du peuplement d'un échantillon donné et sur la manière dont les individus sont répartis au sein d'un écosystème. Il est calculé à partir de la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i) \times \log_2(P_i)$$

Où : p_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce ; $p_i = n_i/N$; S = nombre total d'espèces ; N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon ; n_i = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon.

1.4.4. Indice d'équitabilité de Pielou

L'équitabilité a été utilisée afin de pouvoir comparer les diversités de deux peuplements ayant des nombres d'espèces différentes. Elle varie entre 0 et 1 et traduit la qualité d'organisation d'un peuplement (Dajoz, 2000). Sa formule est :

$$E = \frac{H'}{(\log_2) R_s}$$

Avec : E : indice d'équitabilité de Pielou ; H' : indice de diversité de Shannon ; R_s : nombre d'espèces.

1.5. Etude de l'état trophique

Les indices de composés A, B et C de Nygaard (1949) selon Thunmark (1945) ont été utilisés pour la détermination de la qualité trophique des différents milieux. L'indice A est le rapport de la somme du nombre d'espèces de quatre groupes d'algues typiques des conditions eutrophes (Cyanophycées, Chlorococcales, Centrales, Euglénophycées) sur le nombre d'espèces d'un groupe typique des conditions oligotrophes (Desmidiacées). L'indice B, est le quotient du nombre d'espèces de Chlorococcales et de Desmidiacées présents dans le milieu. L'indice C, dérivant des Diatomées, traduit le rapport du nombre d'espèces Centrales sur celui des Pennales.

Indice composé (Indice A)

$$A = \frac{\text{Cyanophycées} + \text{Chlorococcales} + \text{Centrales} + \text{Euglenophycées}}{\text{Desmidiacées}}$$

$0,3 < A < 1 =$ Milieu Oligotrophe ; $1 < A < 2,5 =$ Milieu Mésotrophe ; $2,5 < A < 5 =$ Milieu Eutrophe

Indice B

$$B = \frac{\textit{Chlorococcales}}{\textit{Desmidiacées}}$$

$B < 1 =$ Milieu Oligotrophe ; $B > 1 =$ Milieu Eutrophe.

Indice C

$$C = \frac{\textit{Centrales}}{\textit{Pennales}}$$

$0 < C < 0,2 =$ Milieu Oligotrophe ; $0,2 < C < 3 =$ Milieu Eutrophe

1.6. Analyse et traitement des données

Des analyses univariées, ont été réalisées avec le logiciel Statistica 7.1. Les données ne suivant pas la loi de distribution normale de Shapiro-wilk, le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis (test de comparaison multiple des rangs) a été utilisé. Le seuil de significativité de la valeur de probabilité pour chacun des tests est $p < 0,05$. Le logiciel Excel a été utilisé pour le calcul des moyennes, des écarts types et pour représenter les histogrammes des densités phytoplanctoniques. Le logiciel libre de cartographie QGIS a été utilisé pour la réalisation de la carte du milieu d'étude.

2. Resultats

2.1. Paramètres physico-chimiques

Le Tableau I présente les valeurs minimale, maximale, les moyennes et les écarts types des différents paramètres environnementaux, mesurés au niveau de chaque site d'échantillonnage. Les valeurs de la température ont oscillé entre 25,85 °C à la station lac en août et 31,44 °C à la station grossissement en octobre. Le mois d'octobre enregistre les valeurs de température les plus élevées au niveau de tous les sites. De façon générale, les valeurs du pH tendent vers la neutralité et la basicité avec des valeurs minimale et maximale respectives de 6,77 à la station lac en septembre et 7,58 à la station lac en août. Concernant les valeurs de l'oxygène dissous, les faibles valeurs ont été observées en juillet à toutes les stations et les valeurs maximales en septembre sauf au niveau du lac où la valeur maximale a été observée en octobre. Les valeurs de la transparence ont oscillé entre 0,3 m à la station alevinage en juillet et 1,07 m à la station grossissement en août. Les valeurs élevées ont été observées en août et septembre au niveau de tous les sites d'échantillonnage. Quant aux valeurs des sels nutritifs, les nitrates ont varié entre 0,02 mg/L à la station lac en août et 0,39 mg/L à la station lac en octobre. Quant aux orthophosphates, les valeurs ont oscillé entre 0 mg/L aux stations

d’alevinage et lac en juillet et 0,045 mg/L à la station lac en septembre. Les valeurs élevées des orthophosphates ont été observées en septembre à toutes les stations. Aucune différence significative n’a été observée pour les différents paramètres mesurés ($p > 0,05$).

Tableau I : Valeurs maximale (Max), minimale (Min), moyenne (M) et écart type (σ) des paramètres environnementaux. P. STATS = Paramètres statistiques, TEMP = Température, OD = Oxygène Dissous, TRP = Transparence, NO_3^- = Nitrates, PO_4^{3-} = Orthophosphates, ALEV = Alevinage, PREGR = Prégrossissement, GROS = Grossissement

SITES	P. STATS	TEMP	PH	OD	TRP	NO_3^-	PO_4^{3-}
ALEV	M	30,38	7,09	6,49	0,41	0,183	0,012
	Max	31,33	7,38	7,80	0,50	0,321	0,031
	Min	28,03	6,90	5,85	0,30	0,046	0,000
	σ	1,57	0,22	0,89	0,09	0,127	0,014
PREGR	M	28,57	7,23	7,66	0,69	0,138	0,010
	Max	31,33	7,45	11,02	1,03	0,320	0,028
	Min	27,38	6,91	2,52	0,50	0,054	0,002
	σ	1,85	0,23	4,12	0,25	0,123	0,012
GROS	M	28,71	7,15	6,88	0,68	0,161	0,013
	Max	31,44	7,37	10,16	1,07	0,390	0,029
	Min	27,40	6,82	2,30	0,40	0,045	0,001
	σ	1,84	0,24	3,37	0,29	0,158	0,012
LAC	M	27,16	7,12	5,48	0,77	0,149	0,016
	Max	30,30	7,58	9,67	0,87	0,397	0,045
	Min	25,85	6,77	1,99	0,60	0,026	0,000
	σ	2,12	0,35	3,18	0,13	0,168	0,021

2.2. Etude de la dynamique du phytoplancton

2.2.1. Composition du peuplement

Le Tableau II présente la distribution des différents taxons en fonction des sites d’échantillonnage. Un total de 66 taxons répartis en 5 embranchements ont été identifiés. Il s’agit des Euglenophyta avec 30 taxons, des Chlorophyta avec 24 taxons, des Bacillariophyta avec 8 taxons, des Cyanoprocaryota avec 3 taxons et des Dinophyta avec un seul taxon. Le nombre de taxons par station évolue pratiquement dans le même ordre de grandeur : 43 taxons pour l’étang d’alevinage, 41 pour l’étang de prégrossissement, 36 taxons pour l’étang de grossissement et 40 taxons pour le lac alimentant ces étangs. Les Euglenophyta sont restés dominants au niveau de tous les sites (Tableau II).

Tableau II : Distribution des taxons phytoplanctoniques en fonction des différents sites d'échantillonnage

TAXONS	STATIONS			
	alevinage	prégrossissement	grossissement	lac
Euglenophyta				
Euglenophyceae				
Euglenales				
Euglenaceae				
<i>Euglena proxima</i>	X	X	X	X
<i>Euglena anabaena</i>	X	X		
<i>Lepocinclis turbiniformis</i>	X			X
<i>Lepocinclis oxyrus</i> var. <i>charkowiensis</i>	X	X		
<i>Lepocinclis ovum</i>	X	X	X	X
<i>Lepocinclis salina</i>	X	X	X	X
<i>Lepocinclis spirogyra</i>			X	
<i>Lepocinclis acus</i>	X	X	X	X
<i>Phacus longicauda</i>	X	X	X	
<i>Phacus longicauda</i> var. <i>insecta</i>		X		X
<i>Phacus lefevrei</i>	X	X		X
<i>Phacus onyx</i>	X	X	X	X
<i>Phacus helicoides</i>	X	X		X
<i>Phacus acuminatus</i>	X	X		X
<i>Phacus tortus</i>	X		X	X
<i>Phacus suecicus</i>		X	X	X
<i>Phacus</i> sp.	X	X	X	
<i>Strombomonas gibberosa</i>	X	X	X	X
<i>strombomonas fluviatilis</i>	X			X
<i>Strombomonas girardiana</i>	X	X		X
<i>Trachelomonas hispida</i>	X	X	X	X
<i>Trachelomonas bernardinensis</i>	X	X	X	
<i>Trachelomonas armata</i>	X		X	X
<i>Trachelomonas scabra</i>		X		
<i>Trachelomonas abrupta</i>		X	X	
<i>Trachelomonas dubia</i>	X		X	
<i>Trachelomonas</i> sp.1				X
<i>Trachelomonas</i> sp.2		X		
<i>Trachelomonas</i> sp.3			X	X
<i>Trachelomonas</i> sp.4	X			
Chlorophyta				
Chlorophyceae				
Chlorococcales				
Scenedesmaceae				
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	X			
<i>Scenedesmus nagelii</i>	X			
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	X	X		
<i>Scenedesmus</i> sp.		X		
<i>Coelastrum indicum</i>	X	X	X	X

Selenastraceae				
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>		X	X	
Hydrodictyceae				
<i>Pediastrum duplex</i>				X
Neochloridaceae				
<i>Tetraedron incus</i>	X	X	X	
<i>Tetraedron trigonum</i>		X	X	X
Trebouxiophyceae				
Chlorellales				
Chlorellaceae				
<i>Actinastrum gracillimum</i>	X	X	X	X
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	X		X	
Oocystaceae				
<i>Crucigeniella apiculata</i>	X	X		X
Conjugatophyceae				
Desmidiiales				
Desmidiaceae				
<i>Desmidium</i> sp.				X
<i>Cosmarium</i> sp.			X	
<i>Hyalotheca dissiliens</i>				X
<i>Staurodesmus subulatus</i>			X	X
<i>Staurastrum</i> sp.		X	X	X
Closteriaceae				
<i>Closterium</i> sp.		X		
<i>Closterium gracile</i>	X		X	X
<i>Closterium kuetzingii</i>			X	X
Peniaceae				
<i>Gonatozygon</i> sp.				X
Zygnematales				
Zygnemataceae				
<i>Spirogyra</i> sp.	X		X	X
Oedogoniophyceae				
Oedogoniales				
Oedogoniaceae				
<i>Oedogonium</i> sp.		X		
Chlorophyceae				
volvocales				
volvocaceae				
<i>Pandorina morum</i>		X	X	X
Bacillariophyta				
Coscinodiscophyceae				
Aulacoseirales				
Aulacoseiraceae				
<i>Aulacoseira granulata</i>	X	X		
Melosirales				
Melosiraceae				
<i>Melosira herzogii</i>	X	X	X	X
Mischococcales				
Sciadiaceae				
<i>Ophiocytium capitatum</i>	X		X	X

Bacillariophyceae				
Naviculales				
Pinnulariaceae				
<i>Pinnularia</i> sp.	X			
Eunotiales				
Eunotiaceae				
<i>Eunotia asterionelloides</i>	X	X		
Fragilariales				
Fragilariaceae				
<i>Fragillaria crotonensis</i>	X			
<i>Fragillaria virescence</i>	X			
<i>Ulnaria ulna</i>	X	X	X	X
Cyanoprocaryota				
Cyanophyceae				
Chroococcales				
Chroococcaceae				
<i>Chroococcus dispersus</i>		X	X	X
<i>Chroococcus limneticus</i>	X	X	X	X
<i>Aphanocapsa</i> sp.		X		X
Oscillatoriales				
Oscillatoriaceae				
<i>Oscillatoria</i> sp.		X		
<i>Spirulina</i> sp.	X			
Dinophyta				
Peridinales				
Peridiniaceae				
<i>Peridinium</i> sp.	X		X	X
TOTAL	43	41	36	40

Indices de similarité de Jaccard

Le Tableau III indique les valeurs des indices de similarité calculés entre les différentes stations. Ces valeurs évoluent entre 0,3 (prégrossissement-lac) et 0,52 (grossissement-lac). Les valeurs des indices d'alevinage et de prégrossissement, alevinage et grossissement, alevinage et lac, prégrossissement et grossissement sont respectivement de 0,45 ; 0,44 ; 0,43 et 0,42.

Tableau III : Indice de similarité de Jaccard entre les différents étangs

Stations	Indices de Jaccard
alevinage-prégrossissement	0,45
alevinage-grossissement	0,44
alevinage-lac	0,43
prégrossissement-grossissement	0,42
prégrossissement-lac	0,3
grossissement-lac	0,52

Occurrence des différents taxons

L'étude de la fréquence d'occurrence a montré une forte proportion de taxons accidentels (39), dont 17 appartiennent aux Chlorophyta, 14 aux

Euglenophyta, 5 aux Bacillariophyta et 3 aux Cyanoprocaryota. Vingt (20) taxons accessoires ont été répertoriés dont 11 appartiennent aux embranchements des Euglenophyta, 6 aux Chlorophyta, 1 aux Bacillariophyta, 1 aux Cyanoprocaryota et 1 aux Dinophyta. Neuf (9) taxons sont constants, dont 5 appartiennent aux Euglenophyta, 2 aux Bacillariophyta, 1 aux Chlorophyta, 1 aux Cyanoprocaryota.

Etude quantitative du peuplement phytoplanctonique

L'analyse des densités phytoplanctoniques dans notre milieu d'étude, a montré une forte prédominance des Bacillariophyta avec 47 240 552 cellules/L suivies des Cyanoprocaryota avec 24 660 000 cellules/L, des Euglenophyta avec 20 260 000 cellules/L, des Chlorophyta avec 17 160 000 cellules/L et des Dinophyta avec 120 000 cellules/L. Les densités les plus élevées ont été observées au niveau de la station lac avec 66 710 552 cellules/L et les plus faibles avec 11 310 000 cellules/L dans l'étang d'alevinage. Les tests statistiques ont montré une différence significative entre la densité phytoplanctonique du lac et celle de la station d'alevinage ($p = 0,039 < 0,05$). La figure 2 montre les variations des densités absolues au niveau de chaque site d'échantillonnage. Au niveau de la station d'alevinage, la distribution spatio-temporelle des densités absolues oscille entre 1 960 000 Cellules/L au mois de septembre à 4 270 000 Cellules /L au mois d'août (Figure 2a). Pour la station de prégrossissement, les densités absolues oscillent entre 1 010 000 Cellules /L durant le mois de septembre et 7 980 000 Cellules /L au mois d'août (Figure 2b). Concernant la station de grossissement, les densités absolues oscillent entre 3 480 000 Cellules/ L durant le mois de septembre et 5 340 000 Cellules /L au cours du mois d'août (Figure 2c). Au niveau de la station lac, la distribution temporelle des densités absolues oscillent entre 4 560 000 Cellules /L au mois de juillet et 32 610 552 Cellules/L en septembre (Figure 2d).

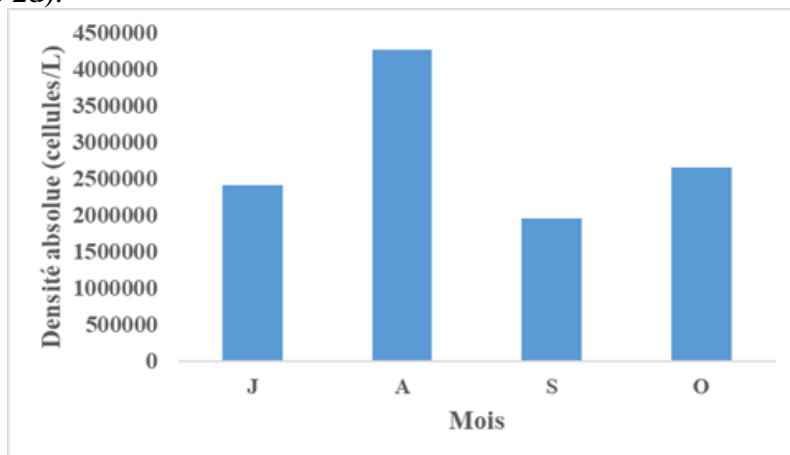


Figure 2a : Densités absolues des taxons phytoplanctoniques à la station d'alevinage

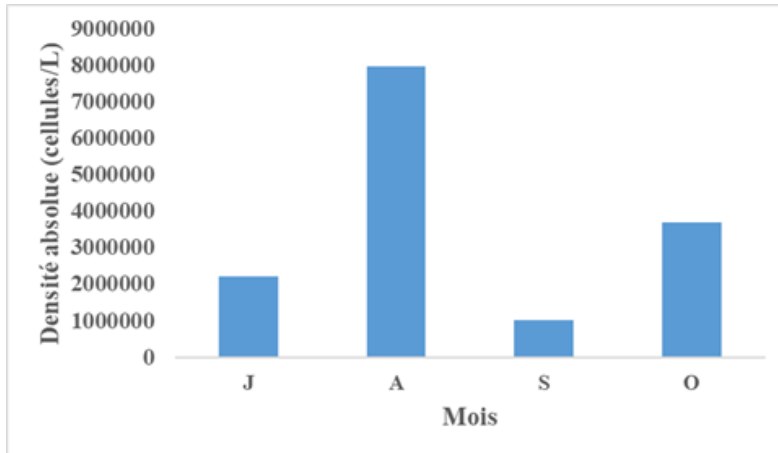


Figure 2b : Densités absolues des taxons phytoplanctoniques à la station de prégerminaison

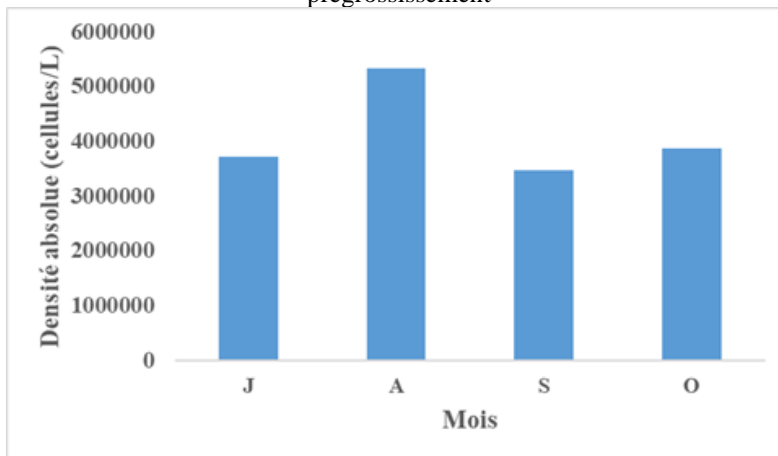


Figure 2c : Densités absolues des taxons phytoplanctoniques à la station de prégerminaison

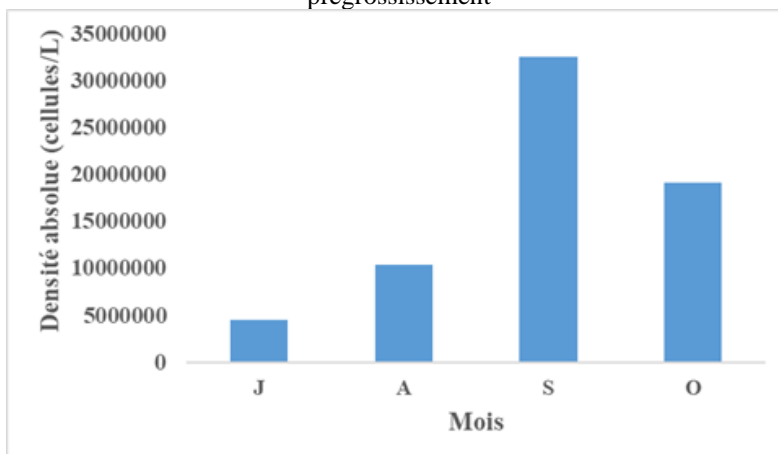


Figure 2d : Densités absolues des taxons phytoplanctoniques à la station lac

Indices de Shannon et d'équitabilité

Les variations des indices de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité (E) sont illustrées dans le Tableau IV. L'indice de diversité de Shannon varie de 0,43 bit/cellule à la station prégrossissement en septembre à 2,08 bit/cellule à la station alevinage en août. Dans l'ensemble, les valeurs les plus élevées ont été observées à la station d'alevinage avec une moyenne de 1,37 bit/cellule. Aucune différence significative n'a été observée pour ces indices ($p > 0,05$). Concernant l'indice d'équitabilité, il a oscillé entre 0,39 en juillet à la station lac et 0,99 en août à la station d'alevinage. Les moyennes les plus élevées ont été observées aux stations d'alevinage et de grossissement. Une différence significative a été observée entre les stations d'alevinage et lac $p = 0,039 < 0,05$.

Tableau IV : Valeurs des indices de Shannon et d'équitabilité

INDICES	ALEVINAGE				PREGROSSISSEMENT				GROSSISSEMENT				LAC			
	J	A	S	O	J	A	S	O	J	A	S	O	J	A	S	O
SHANNON	1,24	2,08	0,86	1,32	0,81	0,7	0,43	1,24	1,1	0,96	1,14	1,2	0,48	0,81	1,08	1
EQUITABILITE	0,93	0,99	0,9	0,97	0,81	0,51	0,43	0,97	0,96	0,86	0,92	0,89	0,39	0,62	0,79	0,77

2.1.1. Etude de l'état trophique des sites d'échantillonnage

Les valeurs des indices trophiques sont consignées dans le Tableau V. Pour l'ensemble des stations, les indices de composé A varient entre 2,8 et 8,25 et indiquent des milieux eutrophes. Quant à l'indice B, il oscille entre 0,4 et 1,5. Les valeurs de cet indice, montrent que les stations d'alevinage et de prégrossissement sont eutrophes et les stations de grossissement et lac oligotrophes. L'indice diatomique C, évoluant de 0,6 à 2 indique des milieux eutrophes à toutes les stations.

Tableau V : Valeurs des indices de Nygaard aux différentes stations ; Eut = Eutrophe, Oli = Oligotrophe

INDICES	Station alevinage	Etat	Station prégrossissement	Etat	Station grossissement	Etat	Station Lac	Etat
A	8,25	Eut	8,25	Eut	3,12	Eut	2,80	Eut
B	1,25	Eut	1,50	Eut	0,50	Oli	0,40	Oli
C	0,60	Eut	0,60	Eut	2,00	Eut	2,00	Eut
	Eutrophe		Eutrophe		Mésotrophe		Mésotrophe	

3. Discussion

3.1. Paramètres physico-chimiques

Les résultats de cette étude ont montré que les eaux des structures d'élevage et du lac alimentant ces structures sont plus ou moins chaudes, légèrement acides à basiques, oxygénées et transparentes. Les valeurs de la température (25,85-31,33°C), du pH (6,77-7,58), de l'oxygène dissous (2,3–11,02 mg/L) et de la transparence (0,3–1,07 m) sont comprises dans la gamme tolérable pour l'élevage de *Oreochromis niloticus* dont les valeurs extrêmes tolérables sont de 7-41°C pour la température, de 5-11 pour le pH, de 0,1 mg/L

pour l'oxygène dissous et 20 cm pour la transparence (Coulibaly *et al*, 2019). Hormis les résultats de la température et du pH, qui corroborent ceux de Coulibaly *et al.*, (2019) qui ont travaillé sur les eaux des étangs et du barrage d'une ferme piscicole en étang au Sud-Est de la Côte d'Ivoire, les valeurs de l'oxygène dissous et de la transparence des sites étudiés sont largement supérieures. Les variations de la transparence résulteraient de la décomposition des déchets et excréments issus des poissons, du reste d'aliments non consommés par les poissons (Bahri, 2009) et surtout des apports provenant des eaux de ruissellement. Les faibles valeurs de la transparence observées en juillet, qui est un mois pluvieux, seraient dues à ces eaux de ruissellement chargées en matières terrigènes. Concernant les valeurs moyennes du pH et l'oxygène dissous, respectivement de 7,14 et 6,62 mg/L ; elles sont similaires aux valeurs moyennes du pH (7-7,5) et de l'oxygène dissous (4,2-6,6 mg/L) dans la ferme piscicole « ferme Attah » à Agboville. Les valeurs des sels nutritifs dans les structures d'élevage et du lac (0,02 -0,39 mg/L pour les nitrates et 0 – 0,045 mg/L pour les orthophosphates) sont faibles comparativement aux valeurs des orthophosphates (1,93-2,13 mg/L) et des nitrates (9,31- 9,58 mg/L) obtenues par le MIRAH & la JICA (2019) lors de la relance de la production piscicole continentale en Côte d'Ivoire. Cependant, les valeurs des nitrates obtenues dans cette étude sont du même ordre de grandeur que celles obtenues par Ipungu *et al.* (2015) dans les étangs fertilisés au Congo (0,07 mg/L). De faibles valeurs d'orthophosphates ont été également observées dans les étangs piscicoles des vallées de Kimwenza à Kinshasa, $0,31 \pm 0,19$ mg/L (Ntumba *et al.*, 2016). Les valeurs des nitrates obtenues, valeurs inférieures à 10 mg/L, sont dans les normes pour une aquaculture saine, par contre celles des orthophosphates atteignant 0,045 mg/L, supérieures à la norme (0,01 mg/L) indiquent des eaux qui tendent vers une eutrophisation probable (MEDD & Agences de l'eau, 2003).

3.2. Peuplement phytoplanctonique

L'inventaire du phytoplancton dans les étangs piscicoles du lac de barrage Abey et du lac alimentant ces étangs a permis de répertorier 66 taxons, répartis en 5 embranchements : les Euglenophyta, les Chlorophyta, les Bacillariophyta, les Cyanoprocaryota et les Dinophyta. Des études menées en pisciculture rurale dans le centre-ouest de la Côte d'Ivoire (Dabbadie, 1996) ont permis de recenser les mêmes grands groupes sauf les Dinophyta qui étaient absents. De plus dans ces étangs, ce sont les Cyanobactéries qui ont prédominé contrairement aux nôtres où ce sont les Euglenophyta qui ont obtenu le plus grand nombre de taxons. La prolifération d'Euglénophytes est un problème courant dans la plupart des étangs d'aquaculture. Le nombre élevé d'euglènes dans les plans d'eau indique une pollution organique (Rahman *et al.*, 2012). Selon Hallegraeff (1993), le nombre important des

Euglenophyta entraîne souvent une dégradation de l'environnement qui entrave la croissance des poissons. Cependant, signalons que le nombre de taxons d'Euglenophyta observés dans la présente étude sont faibles par rapport à ceux observés par Grogga (2019), Kra (2016) et Bamba (2007) avec respectivement 54 taxons dans les étangs de Kossou, 49 taxons dans la station piscicole du CNRA de Bouaké et 43 taxons dans les étangs piscicoles de Blondey. Le groupe des Chlorophyta qui seconde celui des Euglenophyta avec 24 taxons est un groupe tout aussi important en pisciculture. Les espèces de ces deux groupes (Chlorophyta et Euglenophyta) se comportent comme des espèces accompagnatrices. Selon Konan (2014), les Euglenophyta ne peuvent produire des pics de biomasse, qu'en association avec des Chlorophyta. Parmi les différents groupes issus de cette étude, se trouvent également un groupe important que sont les Cyanoprocaryota ou Cyanobactéries. Malgré leur faible richesse floristique (3 taxons), elles présentent la densité la plus élevée après celle des Bacillariophyta. Au niveau des densités phytoplanctoniques, l'abondance des Cyanobactéries observée s'expliquerait par le fait qu'elles se caractérisent par une très grande plasticité écologique et grâce à leur capacité d'adaptation, elles colonisent la plupart des écosystèmes aquatiques d'eaux douces (Lévi *et al.*, 2006 ; Lavoie *et al.*, 2007). L'espèce *Chroococcus limneticus* est responsable de cette densité élevée, avec 16 920 000 Cellules/L. *Chroococcus limneticus* fait partie des espèces appartenant aux 20 genres les plus cités en écologie (Feuillade, 1989). Leur prolifération, tout comme les autres Cyanobactéries, augmente la turbidité de l'eau, ce qui limite la croissance des autres producteurs primaires et se traduit par d'importants changements dans la composition en espèces des communautés aquatiques (Lavoie *et al.*, 2007, Paerl *et al.*, 2011). En effet, les floraisons de cyanobactéries causent des problèmes écologiques et de santé publique et entraînent d'importantes pertes économiques. Elles peuvent aussi causer l'hypoxie des zones situées en profondeur lorsque leur décomposition par les bactéries hétérotrophes épuise l'oxygène dissous disponible, entraînant la mort d'invertébrés et de poissons (Paerl *et al.*, 2011). Quant aux fortes densités des Bacillariophyta observées, elles sont dues comme l'a signalé Niamien-Ébrottié (2010), au fait que les taxons de ce groupe sont bien représentés dans les eaux continentales de la Côte d'Ivoire. Elles ont aussi la capacité de proliférer dans tous les écosystèmes aquatiques et seraient les plus inventoriés dans le monde. L'espèce *Melosira herzogii* avec une densité de 43 300 552 Cellules/L est responsable des densités élevées de Bacillariophyta et pourrait entraîner une eutrophisation de ces sites si la prolifération de cette espèce perdure. Les densités élevées au niveau du lac, résulteraient du fait que l'eau du lac est un milieu ouvert et aussi à la profondeur du lac atteignant 4 m. On assiste donc à un renouvellement de ces eaux favorisant la multiplication des espèces algales contrairement aux structures d'élevage qui subissent une

pollution organique due à l'alimentation des poissons entraînant une turbidité de ces milieux. Des études menées sur le régime alimentaire de *O. Niloticus* par Mukankomeje *et al.*, (1994) sur le lac de Muhazi au Rwanda et Konaté *et al.*, (2022) sur le lac Ayamé 1 en Côte d'ivoire ont montré respectivement une préférence alimentaire de Cyanobactéries et de diatomées (Bacillariophycées). Les taxons *Oscillatoria* sp. (Cyanobactéries) et *Aulacoseira* sp (Diatomées) retrouvés dans les contenus stomacaux de *O. Niloticus* ont été retrouvés dans les eaux du lac de barrage Abey, avec des densités respectives de 1 000 00 Cellules/L et 1 380 000 Cellules/L.

L'étude des variations spatiales et saisonnières des indices de diversité indique que le peuplement phytoplanctonique est assez diversifié. En effet, d'après Frontier (1983), dans les milieux exceptionnellement diversifiés, l'indice de diversité de Shannon ne dépasse guère 4,5. Une telle observation montre que les rivières hébergent une flore algale aux exigences écologiques variées (Wetzel, 1983). Cela, pourrait également justifier les faibles ressemblances observées au niveau des indices de similarité entre les différents sites. Cette étude a également révélé une abondance de taxons accidentels qui pourrait être attribué par le transport des filets de pêche ou par les eaux de ruissellement.

3.3. Etude de l'état trophique

Les valeurs obtenues au niveau de nos différents sites d'échantillonnages indiquent une eutrophisation des sites d'alevinage et de prégrossissement. Quant aux structures de grossissement et au niveau du lac, on observe un état de mésotrophie. En effet, les poissons aux différents stades sont nourris 6, 4, et 3 fois par jour, respectivement aux sites d'alevinage, de prégrossissement et de grossissement. L'état eutrophe des sites d'alevinage et de prégrossissement pourrait être dû au reste d'aliments non consommés qui entraîne une charge trop importante en nutriments. De plus, dans un milieu aquatique, le nombre relatif d'espèces représentant les différents groupes taxinomiques dans un échantillon du phytoplancton traduirait l'état écologique du milieu (Brook, 1965). Il a été démontré que dans un milieu eutrophe, le nombre d'espèces de Chlorococcales serait plus important que le nombre de Desmidiaceae, et les conditions inverses dans les lacs oligotrophes (Rawson, 1956). Dans le cadre de notre travail, il a été effectivement constaté un nombre élevé de Chlorococcales que de Desmidiaceae dans les étangs d'alevinage et de prégrossissement ; ce qui traduit l'état d'eutrophie. Aussi, l'absence des groupes Chrysophyta, Xanthophyta, Pyrrophyta pourrait également justifier l'état eutrophe des sites d'alevinage et de prégrossissement. Selon Nicholls *et al.*, 1995, ces groupes de phytoplancton se développent mieux dans les écosystèmes aquatiques oligotrophes. Dans le cadre de ce travail, certaines

espèces caractéristiques de milieux eutrophes en l'occurrence, *Aulacoseira granulata*, *Pandorina morum* et *Scenedesmus quadricauda* ont été observées.

Conclusion

Hormis les valeurs des orthophosphates, qui sont au-delà de la norme pour les activités piscicoles, les valeurs des autres paramètres physico-chimiques, sont adaptées à l'élevage des poissons. Concernant l'étude du peuplement phytoplanctonique, 66 taxons répartis en 5 embranchements ont été dénombrés, avec une prédominance de l'embranchement des Euglenophyta. De fortes abondances de Bacillariophyta suivies des Cyanoprocaroyota ont été observées. La prolifération des espèces *Chroococcus limneticus* et *Melosira Herzogiii* atteignant plusieurs millions de cellules/L, sont les taxons potentiels qui pourraient entraîner une eutrophisation, une anoxie des sites étudiés et la mortalité des poissons. Les indices d'eutrophie basés sur la composition du peuplement, ont montré un milieu eutrophisé pour les étangs d'alevinage et de prégrossissement et si on n'y prend garde, pour l'étang de grossissement et du lac. En effet le lac tend de l'état mésotrophe à l'état eutrophe. L'effet combiné des orthophosphates élevés, de la présence des taxons indicatrices d'eutrophie, *Aulacoseira granulata*, *Pandorina morum* et *Scenedesmus quadricauda* et les densités élevées de *Chroococcus limneticus* et *Melosira Herzogiii* pourraient entraîner une eutrophisation des structures d'élevage et du lac et constituer un frein au bon rendement de cette activité piscicole.

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

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

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

References:

1. Ahoussi E.K., Soro N., Koffi B.Y., Soro G. & Bimé J. (2013). Étude hydrochimique et microbiologique des eaux de source de l'ouest montagneux de la côte d'ivoire ; cas du village de Mangouin-Yrongouin (sous- préfecture de Biankouman). *Journal of Applied Biosciences*, pp 4703-4719.
2. Bahri A. (2009). Contribution à la valorisation des eaux aquacoles dans l'amélioration de la production de l'oignon et de la laitue (cas de Kef es Soltane Ouargla). Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du

- Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques. Université Kasdi-Merbah- Ouargla, 99 p.
3. Bamba Y. (2007). Production en étang du tilapia *Oreochromis niloticus* (LINNE, 1758) nourrit avec des sous-produits agricoles sans adjonction de la farine de poisson. Thèse de Doctorat, Université d'Abobo-Adjamé (Abidjan, Côte d'Ivoire), 155 p.
 4. Bourrelly P. (1961). Algues d'eau douce de la République de Côte d'Ivoire. *Bulletin de l'institut Français de l'Afrique Noire*, série A, 23(2) : 283-374.
 5. Bourrelly P. (1985). Les Algues d'eau douce : Initiation à la systématique. Tome III : Les Algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines. Société nouvelle des Éditions Boubée, Paris (France), 606 p.
 6. Brook A. J. (1965). Planktonic algae as indicators of lake types with special reference to the Desmidiaceae. *Limnol. Oceanogr.* 10: 403 – 411. Rawson D.S., 1956. Algal indicators of trophic lake types. *Limnol. Oceanogr.* 1 : 18 – 25.
 7. Coulibaly S., N'Goran V. K. & Atsé C.B. (2019). Etude Comparative de la qualité des eaux des étangs et du Barrage d'une ferme piscicole en étang au Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal Vol.15, No.24*, 42-58 pp.
 8. Dabbadie L. (1996). Étude de la viabilité d'une pisciculture rurale à faible niveau d'intrant dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire : Approche du réseau trophique. Thèse de Doctorat, Université Paris VI, France, 208 p.
 9. Dajoz R. (2000). *Precis d'Ecologie*. 7eme edition, Editions Dunod, Paris, 615 p.
 10. Feuillade J. (1989). Quelques aspects de l'écologie des cyanobactéries planctoniques d'eau douce, *Bulletin de la Société Botanique de France*. Actualités Botaniques, 136 :1, 83-97.
 11. Frontier S. (1983). *Stratégies d'Echantillonnage en Ecologie*. Editions Masson, Paris, 553p.
 12. Grogan N., Akedrin T. N., Kouadio A. D. & Konan K. F. (2019). Diversité et dynamique du peuplement des Euglénophytes en pisciculture en cages flottantes du lac de Kossou (centre de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Development Research Vol. 09*, Issue, 09, pp. 30038-30045.
 13. Hallegraeff G.M. (1993). A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32(2): 79-99.
 14. Iltis A. (1980). Les Algues. In : Durand J.R. et Lévêque C. (Eds). *Flore et Faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-soudanienne*. Tome I. Éditions

- O.R.S.T.O.M. Collection Initiation- Documents Techniques n°44, Paris, pp. 9-61.
15. Iltis A. (1984). Biomasses phytoplanctoniques de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 118 : 153-175.
 16. Ipungu L., Ngoy K., Banze K., Lumfwa K. & Kafund M. (2015). L'étude de la croissance de *Oreochromis niloticus* par la fertilisation des étangs : le cas de la ferme NaviunduLubumbashi. *Journal of Applied Biosciences*, 91 : 8503 –8510.
 17. Konan E. S. (2014). Distribution spatio-temporelle du peuplement phytoplanctonique en relation avec les facteurs abiotiques de la lagune de Fresco. Thèse de doctorat unique, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire. 177 p.
 18. Konaté S., Yéo M. G., Konan S.E., Etchian O.A., Ouattara I. N., Alla Y. L. & Blé C. M. (2022). Effect of Seasonality on the Diet and Biochemical Composition of the Stomach Contents Tilapia *Sarotherodon melanotheron melanotheron* (Rüppell, 1852) in three Aquatic Ecosystems of Côte d'Ivoire (Sector VI of Ebrié lagoon, Ayamé Lake 1 and Aby-Nord lagoon), *Asian Journal of Applied Sciences* Volume 10 – Issue 6, 9p.
 19. Kouassi B.A.T. (2013). Taxinomie, composition floristique et dynamiques spatio- saisonnières des algues périphytiques de la retenue d'eau d'Adzopé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Option : Phycologie, Université Félix Houphouët-Boigny, (Abidjan, Côte d'Ivoire), 206 p.
 20. Kra Y.Q.F. (2016). Inventaire du phytoplancton, implication trophique et risques sanitaires pour *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) en milieu d'élevage. Mémoire de Master, Option : Hydrobiologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 64 p.
 21. Lahsen A. & Cheryl C. (2015). La Pêche et l'Aquaculture dans le Contexte de l'Économie Bleue. 17p.
 22. Lavoie I., Warwick F. V., Reinhard P. & Painchaud J. (2003). Effet du débit sur la dynamique temporelle des algues périphytiques dans une rivière influencée par les activités agricoles. *Revue des Sciences de l'eau*, 16 (1) : 55-77.
 23. Lévi Y., Harvey M., & Cervantes P. (2006). Evaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et activités récréatives. Rapport AFSSA/AFSSET, France, 232 p.
 24. MEDD & Agences de l'eau, (2003). Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-Eau), Grilles d'évaluation version 2. 40p.

25. 25. MIPARH. (2003). Bilan-diagnostic et prospectives pour la relance du secteur pêche et aquaculture en Côte d'Ivoire : Rapport provisoire.
26. 26. MIPARH. (2009). Atelier sur le projet d'Amélioration Génétique du Tilapia du Nil dans le bassin du Volta. Actes de l'atelier.
27. 27. MIRAH & JICA. (2019). Rapport final : Projet de relance de la production piscicole continentale en république de Côte d'Ivoire / PREPICO.
28. 28. Mukankomeje R., Laviolette F. & Descyi J.P. (1994) Régime alimentaire de Tilapia, *Oreochromis niloticus*, du Lac Muhazi (Rwanda). *Annl's Limnol.* 30 (4) : 297-312.
29. 29. Niamien-Ébrottié J. E. (2010). Composition et distribution spatio-temporelle des peuplements d'algues de quatre rivières du Sud-Est de la Côte d'Ivoire (Soumié, Eholié, Ehania et Noé). Thèse de Doctorat Unique, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Cote d'Ivoire, 146 p
30. 30. Nicholls R. J., Mimura N. & Topping J. C. (1995). Climat changement en Asie du Sud et du Sud-Est : quelques implications pour la zone côtière. *Journ. of Glob. Environ. Engineer.*, 37 (3): 369 – 379.
31. 31. Ntumba M.J.M., Mbadu Z.V. & Kilolo K.V. (2016). Evaluation de la gestion des étangs piscicoles des vallées de Kimwenza dans la commune de Mont Ngafula / Kinshasa, R.D. Congo. *Congo Sciences*, 4 (2): 124-134.
32. 32. Nygaard G. (1949). Hydrobiological studies of some Danish ponds and lakes. II. The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms *K. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Skr.* 7 (1): 1 – 293.
33. 33. Olapoju O.A. & Edokpayi C.A. (2014). Ecological study on the impact of mariculture fish cage site on the physico-chemical characteristics of Lagos Lagoon, south western Nigeria. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, p. 8.
34. 34. Ouattara A. (2000). Premières données systématiques et écologiques du phytoplancton du lac d'Ayamé (Côte-d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Faculteit Wetenschappen, Instituut voor Plantkunde, Katholieke Universiteit Leuven, Belgique, 207 p., 19 pl.
35. 35. Ouellet G. (1999). Les rejets des stations piscicoles et leurs impacts environnementaux, Session de perfectionnement planifiée par le Comité de développement des ressources humaines de la table filière en aquiculture d'eau douce, organisée par l'Association des Aquiculteurs du Québec, 43 p.
36. 36. Paerl, H.W., Hall, N.S. & Calandrino, E.S. (2011). Controlling harmful cyanobacterial blooms in a world experiencing anthropogenic and climatic-induced change. *Science of The Total Environment* 409 (10), 1739-1745.

37. 37. Price C., Black D. K., Hargrave T. B., & Morris A. J. (2015). Marine cage culture and the environment: effects on water quality and primary production. *Aquacult. Environ. Interact.* 6 : 151-174.
38. 38. Rahman M.S., Shahjahan M., Haque M.M. & Khan S. (2012). Control of euglenophyte bloom and fish production enhancement using duckweed and lime. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 11(3) : 602-617.
39. 39. Salla M. (2015). Taxonomie, composition et distribution spatio-saisonnaire du phytoplancton des rivières tropicales cotières Boubo et Mé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Felix Houphoet-Boigny, Abidjan; Côte d'Ivoire, 263 p.
40. 40. Thunmark S. (1945). Zur Soziologie des Süßwasserplanktons. *Folia Limnol. Scand.* Vol. 3: 1 – 66.
41. 41. Wetzel, R. G. (1983). *Limnology*. W. B. Saunders Co., Philadelphia, 200 p.

Diversité et importance socio-économique de la flore sauvage de la mare de Bougary (Assaba, Mauritanie) et ses bordures

Abdellahi Mohamed Vall Hmeyada, Professeur

Lemhaba Yarba, Docteur

Ahmed Aliyenne, Docteur

Baba Ainina Moulay M'Hammed, Docteur

Allal Mohamed Abdellahi, Docteur

Département des Sciences Exactes

Ecole Normale Supérieure, Mauritania

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n30p162](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p162)

Submitted: 08 July 2024

Accepted: 28 October 2024

Published: 31 October 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Hmeyada A.M.V., Yarba L., Aliye A., M'Hammed B.A.M. & Abdellahi A.M. (2024). *Diversité et importance socio-économique de la flore sauvage de la mare de Bougary (Assaba, Mauritanie) et ses bordures*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (30), 162.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p162>

Résumé

En Mauritanie, les zones humides constituent l'un des habitats les plus riches en biodiversité dans la zone saharo-sahélienne ; cependant cette biodiversité reste très peu connue et les services écosystémiques que ces zones offrent sont rarement pris en compte dans le cadre de l'économie nationale. La présente étude cherche, sous l'angle botanique, à améliorer les connaissances et à relever la valeur écosystémique de la mare de Bougary. La démarche a consisté à inventorier et caractériser tous les taxons botaniques et à enquêter auprès des populations locales pour comprendre l'importance des espèces végétales pour la résilience communautaire. Au total, 95 espèces appartenant à 82 genres et 35 familles sont inventoriées ; les *Fabaceae* (20%) et les *Poaceae* (18%) représentent les principales familles dominantes. La répartition en types biologiques des taxons recensés indique la dominance des thérophytes (46%) et des phanérophytes (44%). Au plan biogéographique, 49% des taxons sont soudano-zambésiens et 30% de transition saharo-arabique /soudano-zambésienne. La cueillette des sous-produits forestiers est une activité discrète, mais très importante autour de la mare de Bougary, impliquant des fruitiers sauvages, des plantes médicinales et aromatiques et

d'autres produits forestiers non ligneux. Suite à l'exploitation abusive de cette flore, 12 espèces semblent être disparues de la zone et d'autres sont menacées de disparition si des mesures lucides de protection ne sont pas urgemment engagées.

Mots-clés: Assaba, Bougary, phytodiversité, espèce menacée, Mauritanie, biogéographie, services écosystémiques

Diversity and socio-economic importance of the wild flora of the Bougary pond (Assaba, Mauritania)

Abdellahi Mohamed Vall Hmeyada, Professeur

Lemhaba Yarba, Docteur

Ahmed Aliyenne, Docteur

Baba Ainina Moulay M'Hammed, Docteur

Allal Mohamed Abdellahi, Docteur

Département des Sciences Exactes

Ecole Normale Supérieure, Mauritania

Abstract

In Mauritania Wetlands constitute one of the richest habitats in biodiversity in the Saharo-Sahelian zone in; However, this biodiversity remains little known and the services that these areas offer are rarely taken into account within the framework of the national economy. This study seeks, from a botanical perspective, to improve knowledge and identify the ecosystem value of the Bougary pond. The approach consisted of inventorying and characterizing all botanical taxa and surveying local populations to understand the importance of plant species for community resilience. 95 species belonging to 82 genera and 35 families are inventoried; Fabaceae (20%) and Poaceae (18%) represent the main dominant families. The distribution of biological types of the taxa recorded indicates the dominance of therophytes (46%) and phanerophytes (44%). Biogeographically, 49% of the taxa are Sudano-Zambesian and 30% Saharo-Arabic/Sudano-Zambesian transition. The collection of forest by-products is a discreet but very important activity around the Bougary pond, involving wild fruit trees, medicinal and aromatic plants and other non-woody forest products. Following the abusive exploitation of this flora, 12 species appear to have disappeared from the area and others are threatened if clear-minded protection measures are not urgently taken.

Keywords: Assaba, Bougary, phytodiversity, threatened species, Mauritania, Biogeographically, ecosystem services

Introduction

Bien que beaucoup de zones du territoire national restent encore peu explorées, la flore vasculaire de Mauritanie, suivant les inventaires établis par Barry et Celles(1991), est évaluée à environ 1400 espèces réparties en 115 familles d'importances inégales, dont 550 genres. Très variée dans sa composition systématique ; comme le souligne Monod (1974), cette flore rassemble des types biologiques et des éléments biogéographiques très différents exprimant ainsi le caractère transitionnel entre les cortèges floristiques, tropical et paléarctique, qui se rencontrent en Mauritanie.

La flore du sud-est mauritanien reste encore peu connue selon Adam(1962) malgré les nombreuses investigations qui y sont menées. Les données bibliographiques pour les études floristiques restent encore très rares au niveau de ces régions et souvent quand elles existent, elles restent très anciennes.

Dans la région du Hodh, Boudet (1961) a inventorié 161 espèces dans le cadre d'une évaluation pastorale des parcours antérieure à la grande sécheresse des années 70. Les relevés floristiques que nous avons, nous-mêmes, effectués au niveau de la mare Mahmouda dans le département de Néma pour le compte de l'Agence Nationale de la Grande Muraille Verte (ANGMV) en 2022, ont permis d'inventorier 69 espèces, appartenant à 58 genres et 24 familles rapportées par ANGMV (2024) .

Les régions du Guidimakha et du Hodh el Gharbi sont très rurales et leurs populations dépendent très fortement des ressources naturelles. Depuis 2004, GTZ (2008) signale une stabilité de la dégradation de la flore, voire une amélioration de la couverture végétale dans ces deux régions sans toutefois faire un inventaire floristique.

Dans la région de l'Assaba, Roberty (1955) a échantillonné et identifié 38 espèces dans la guelta de Soungout, sur le recoupement du 16° parallèle N avec le 12° méridien W. Toupet (1966), explorant un espace plus large, a répertorié 130 espèces dont 67 spécimens sont informatisés à l'herbier de l'IFAN de l'Université Cheikh Anta Diop à Dakar. Dans le cadre des recherches pour mettre au point un Herbier National en Mauritanie, 148 espèces appartenant à 114 genres et 50 familles ont été récoltées et identifiées au niveau de la Wilaya de l'Assaba suivant les travaux d'Abdellahi et al. (2011).

Dans cet espace subdésertique de la corniche sud du Sahara, les zones humides continentales constituent d'intéressants réservoirs biologiques, qui hébergent un cortège floristique de plantes qui renseignent, de par leurs caractéristiques, sur la nature du milieu selon Monod (1939). La cueillette, la

transformation et la vente des produits forestiers permettent aux populations locales de diversifier leurs sources alimentaires et de générer des revenus

La biodiversité des zones humides a été l'objet ces vingt dernières années, de nombreuses études socioéconomiques et environnementales selon MEDD (2014) sans que la caractérisation de leur flore soit bien renseignée.

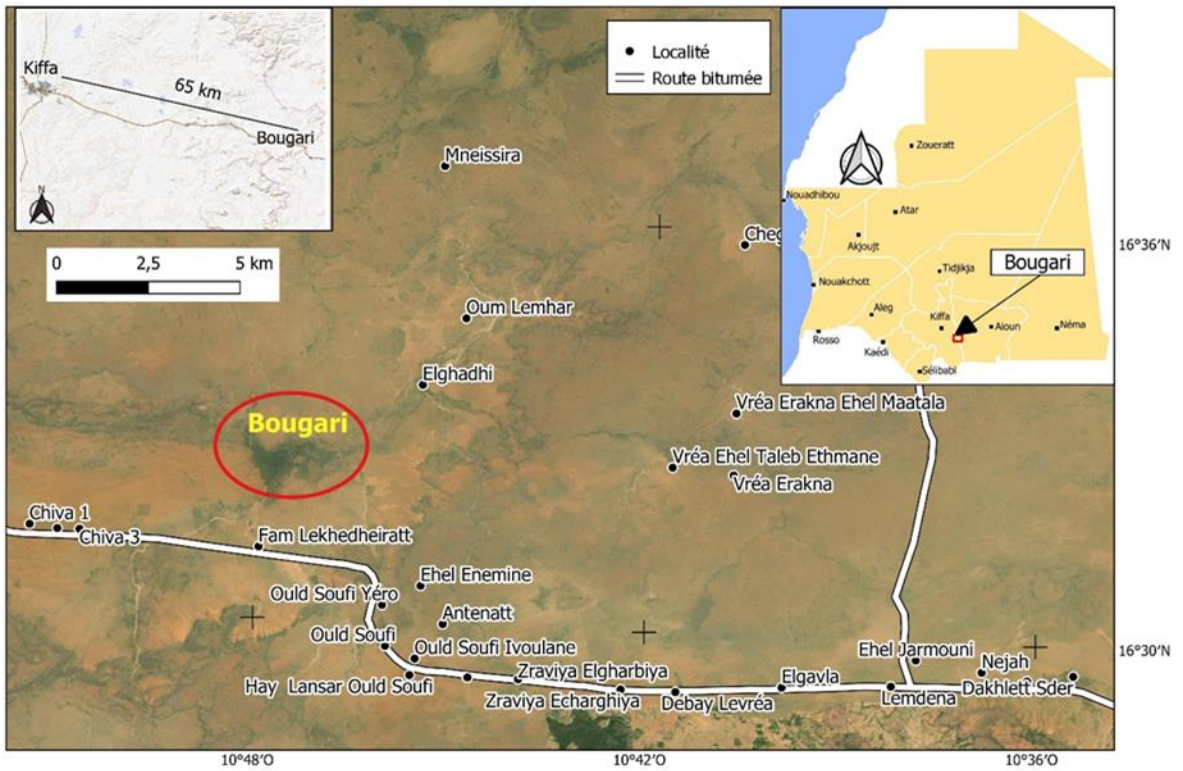
C'est dans le but d'améliorer les connaissances et la communication scientifique sur ces zones humides, que le Projet Adaptation et Résilience des Zones Humides continentales de l'ANGMV en Mauritanie a établi un partenariat avec l'Unité de Recherche « Education Biodiversité et développement durable de l'ENS » afin de réaliser une étude de la flore de Bougary. Il s'agit alors :

- d'identifier toutes les espèces et de les caractériser
- d'inventorier les plantes à valeurs socio-économiques
- d'identifier les espèces menacées et les principales causes de menaces

Méthodologie

Site et situation

Située à 70km à l'est de Kiffa (wilaya de l'Assaba), la mare de Bougary, à 3 Km de la route de l'espoir, un des plus importants axes routiers du pays (carte 1) qui mène de Nouakchott aux régions de l'Est du pays. Cette mare est généralement en eau 6 à 8 mois sur 12 mois (août-mars) et constitue une zone de séjour et/ou de transit d'une importante population d'oiseaux migrateurs d'espèces afro-tropicales et paléarctiques ; elle se prolonge à l'Est par une guelta appelée « El Metrewgha », toujours en eau et où se réfugient des singes rouges, des crocodiles et des poissons de types Clarias et Tilapia.



Carte 1. Localisation de la mare de Bougari

Le climat de la zone est de type continental, caractérisé par l'absence de toute influence océanique et des températures moyennes, maximales élevées résultant d'une forte insolation et d'une faible hygrométrie de l'air, et la constance des alizés continentaux boréaux chauds et secs comme l'indique Toupet (1966) et depuis lors sans changement perceptible.

Selon les données bibliographiques recueillies, et en l'absence d'une station de suivi à Bougari, on ne peut que se référer à la station synoptique de Kiffa qui indique une grande variabilité des moyennes interannuelles entre 226 mm et 274 mm entre 1945 et 2010 (figure 1).

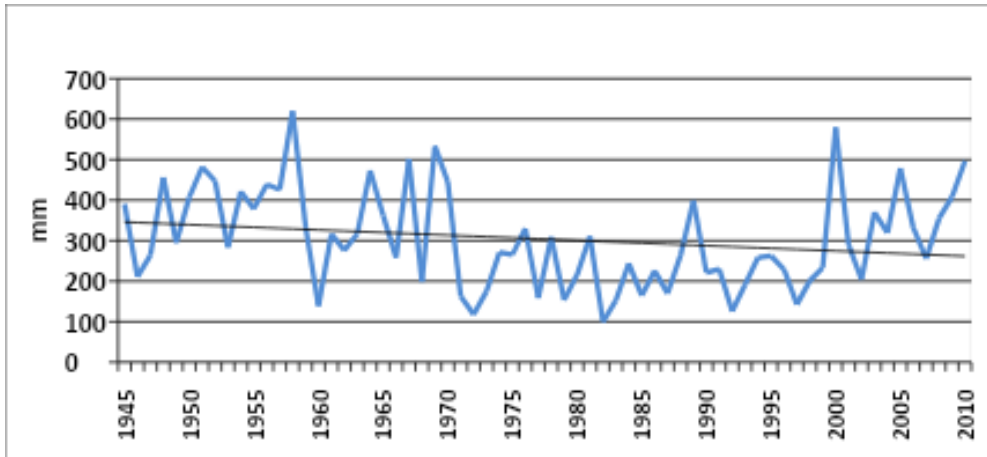


Figure 1. Tendence des pluies à Kiffa

Les températures maximales moyennes sont supérieures à 30°C sur les 12 mois de l'année ; le maximum 42°C est atteint en mai et juin, soit juste avant le démarrage de la saison des pluies. Par contre, les minima demeurent en-dessous de 19°C de décembre à février, le minimum étant de 14 °C observé en janvier. La durée annuelle de l'ensoleillement est d'environ 3 222 heures. Les vitesses moyennes des vents sont comprises entre 6 et 7 m/s dans la zone du PZHC. L'évapotranspiration s'établit annuellement à 2160 mm.

L'ensemble des formations géologiques de l'Assaba, essentiellement de structure gréseuse, constitue la série cambro-ordovicienne de l'Assaba-Tagant du Bassin sédimentaire de Taoudenni sa puissance approximative arrive à dépasser légèrement 300m (349 m d'altitude à Diouk). De l'extérieur de la mare vers son centre, les sols évoluent en trois types, des substrats dunaires ou sablo-graveleux vers des sols sableux-limoneux dans les zones de raccordement et les lits d'oueds et des sols limono-argileux dans la cuvette inondée.

Collecte des données

Les travaux systématiques relatifs à la biodiversité de la zone étant très rares, la collecte bibliographique a répertorié le disponible des références numériques comme en papier. L'enquête de terrain a été réalisée par une équipe de l'UR-EBDD, entre septembre 2020 et mai 2024, grâce à plusieurs missions de terrain à Bougary et dans les environs de la mare. Plusieurs enquêtes ethnobotaniques fondées sur un questionnaire préalablement conçu, ont été effectuées ; les questionnaires ont été déroulés en focus group et en individuel, ciblant des personnes ressources, des ONG et des élus locaux. 37 personnes ressources ont été ciblées par nos questionnaires, comprenant 17 femmes et 20 hommes dont des éleveurs, des agriculteurs et des

tradipraticiens. Toutes les personnes rencontrées sont d'âges compris entre 33 et 72 ans.

Identification des espèces et caractérisation de la flore

Toutes les espèces ont été identifiées sur place et à l'Herbier National de Mauritanie, aidé par la flore de Mauritanie de Barry et Celles (1991), la flore du Sénégal de Berhaut (1967) et l'étude des pâturages sahéliens de Boudet et Duverger (1961). La nomenclature scientifique a été actualisée suivant African Plant Database. L'écologie des espèces est appréciée sur la base des caractéristiques biofloristiques et biogéographiques des taxons. Le spectre biologique, plus précisément biofloristique (exprimant le pourcentage du nombre d'espèces des divers types biologiques), des espèces a été étudié suivant les types biologiques de Raunkiaer (1952). Nous utiliserons dans le tableau 1 en annexe les abréviations suivantes :

- T.B. : Type biologique ; T, Thérophytes ; P, Phanérophytes ; C, Chaméphytes ; H, Hémicryptophytes ; G, Cryptophytes (géophytes).

La répartition en types biogéographiques des espèces a été évaluée suivant l'approche de classement de Monod (1939). Dans cette région, les types biogéographiques sont représentés par des éléments régionaux (saharo-arabiques, soudano-zambésiennes), des plantes de liaison et des espèces plurirégionales suivant Monod (1957). Nous utiliserons dans le tableau 1 en annexe les abréviations suivantes :

- E.B. : Elément biogéographique; PR= Plurirégionale; SA= Saharo-arabique; SA/SZ= transition saharo-arabique /soudano-zambésienne ; SZ : Soudano-zambésienne.

Traitement des données

Le traitement des données a été effectué au laboratoire informatique de l'Ecole Normale Supérieure de Nouakchott. Les données recueillies et inscrites sur des fiches brutes lors des enquêtes de terrain ont été transférées dans une base de données Excel et traitées par le logiciel de traitement statistique IBM SPSS Statistics version 21. Le degré de menace des espèces a été évalué suivant les rapports du Ministère chargé de l'Environnement et du Développement durable, MEDD (2014) et MEDD (2018).

Résultats et discussion

Taxonomie et écologie

La flore de Bougary comporte 95 espèces appartenant à 82 genres et 35 familles selon l'enquête de terrain. Ceci représente 64% des espèces inventoriées dans la wilaya de l'Assaba en 2011 par Abdellahi et al. (2011). Le tableau 1 présente les noms scientifiques, vernaculaires et les caractéristiques des espèces inventoriées.

Tableau 1. Synthèse taxonomique de la flore de Bougary

Espèces	Famille	F.B.	E.B.	Statut
<i>Abutilon pannosum</i> (G.Forst.) Schldtl.	Malvaceae	Ph	PR	rare
<i>Vachellia flava</i> (Forssk.) Kyal. & Boatwr.	Fabaceae	Ph	SA/SZ	Com
<i>Vachellia nilotica</i> (L.) P.J.H.Hurter & Mabb.	Fabaceae	Ph	SZ	Com
<i>Senegalia senegal</i> (L.) Britton	Fabaceae	Ph	SA/SZ	Com
<i>Vachellia seyal</i> (Delile) P.J.H.Hurter	Fabaceae	Ph	SZ	disparue
<i>Vachellia tortilis</i> (Forssk.) Hayne	Fabaceae	Ph	SA/SZ	Com
<i>Adansonia digitata</i> L.	Bombacaceae	Ph	SZ	disparue
<i>Aerva javanica</i> Juss.	Amaranthaceae	Th	SZ	Fréq
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (Schumach.) J.Léonard	Fabaceae	Th	SZ	Com
<i>Anogeissus leocrpus</i> (DC.) Guill. & Perr.	Combretaceae	Ph	SZ	disparue
<i>Aristida mutabilis</i> Trin. & Rupr.	Poaceae	Th	SA/SZ	Freq.
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	Zygophyllaceae	Ph	SA/SZ	Com
<i>Bauhinia rufescens</i> Lam.	Fabaceae	Ph	SA/SZ	Com
<i>Bergia suffruticosa</i> (Del.) Fenzl	Elatinaceae	Th	SZ	Com
<i>Boscia senegalensis</i> Hochst. ex Walp.	Capparaceae	Ph	SA/SZ	rare
<i>Bulbostylis hensii</i> (C.B.Clarke) R.W.Haines	Cyperaceae	Th	SZ	Com
<i>Cadaba farinose</i> Forsk.	Capparaceae	Ph	SZ	Com
<i>Calotropis procera</i> (Aiton) W.T.Aiton	Apocynaceae	Ph	PR	Com
<i>Capparis decidua</i> (Forsskal) Edgew.	Capparaceae	Ph	PR	rare
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	Bombacaceae	Ph	SZ	disparue
<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	Poaceae	Th	PR	Com
<i>Chrozophora brocchiana</i> (Vis.) Schweinf.	Euphorbiaceae	C	SZ	Com
<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad.	Cucurbitaceae	Th	SA/SZ	Com
<i>Cleome arabica</i> L.	Capparidaceae	C	SA/SZ	menacée
<i>Cocculus pendulus</i> (J.R.Forst. et G.Forst.) Diels	Menispermaceae	Ph	SA/SZ	Com
<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. et Nakai	Cucurbitaceae	Th	SA/SZ	Cult
<i>Combretum aculeatum</i> Vent.	Combretaceae	Ph	SA/SZ	Com
<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	Combretaceae	Ph	SZ	Com
<i>Commiphora africana</i> (A. Rich.) Engl.	Burseraceae	Ph	SA/SZ	menacée
<i>Convolvulus prostratus</i> Forssk.	Convolvulaceae	Th	SZ	Com
<i>Corchorus depressus</i> (L.) Stocks	Tiliaceae	Th	PR	Com
<i>Corchorus tridens</i> L.	Tiliaceae	Th	PR	Com
<i>Cucumis prophetarum</i> L.	Cucurbitaceae	Th	PR	Com
<i>Cullen plicatum</i> (Delile) CHStirt.	Fabaceae	Th	SA/SZ	Com
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	Th	PR	Com
<i>Cyperus articulatus</i> L.	Cyperaceae	Th	SA	Com
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae	G	SA/SZ	Com
<i>Cyperus jeminicus</i> Rottb.	Cyperaceae	H	SA/SZ	Com
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	Poaceae	Th	PR	Com
<i>Desmidorchis retrospiciens</i> Ehrenb.	Apocynaceae	Ph	SZ	Rare
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Poaceae	H	SZ	Com
<i>Enteropogon prieurii</i> (Kunth) Clayton	Poaceae	Th	SZ	Com
<i>Euphorbia convolvuloides</i> Hochst. ex Benth.	Euphorbiaceae	Th	SA/SZ	Com

<i>Euphorbia scordifolia</i> Jacq.	Euphorbiaceae	Th	SA/SZ	Com
<i>Feretia canthioides</i> Hiern	Rubiaceae	Ph	SZ	Rare
<i>Ficus sycomorus</i> L.	Moraceae	Ph	SZ	Com
<i>Gisekia pharnaceoides</i> L.	Molluginaceae	Th	SA/SZ	Com
<i>Glinus lotoides</i> L.	Aizoaceae	Th	PR	Com
<i>Grewia bicolor</i> Juss.	Malvaceae	Ph	SZ	Disparue
<i>Grewia tenax</i> (Forssk.) Fiori	Malvaceae	Ph	SZ	menacée
<i>Grewia villosa</i> Willd.	Malvaceae	Ph	SZ	menacée
<i>Guiera senegalensis</i> J.F.Gmel	Combretaceae	Ph	SZ	Rare
<i>Gynandropsis gynandra</i> (L.) Briq	Capparaceae	Th	PR	Com
<i>Heliotropium ovalifolium</i> Forssk.	Boraginaceae	Th	SA/SZ	Com
<i>Hypphaene thebaica</i> (L.) Mart.	Arecaceae	Ph	SZ	Com
<i>Indigofera senegalensis</i> Lam.	Fabaceae	Th	SZ	Com
<i>Ipomoea aquatica</i> Forssk.	Convolvulaceae	Th	SZ	Com
<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss	Meliaceae	Ph	SZ	Com
<i>Leptadenia hastata</i> (Lam.)Decne	Apocynaceae	Ph	PR	Com
<i>Leptadenia pyrotechnica</i> (Forssk.) Decne	Apocynaceae	Ph	PR	Com
<i>Limium viscosum</i> (Gay) Fenzl.	Aizoaceae	Th	SA/SZ	Com
<i>Maerua crassifolia</i> Forssk.	Capparaceae	Ph	SA/SZ	Com
<i>Maytenus senegalensis</i> Lam. Exell.	Celastraceae	Ph	SZ	Menacée
<i>Mitragyna inermis</i> (Willd.) K.Schum.	Rubiaceae	Ph	SZ	Disparue
<i>Momordica balsamina</i> L.	Cucurbitaceae	Th	PR	Com
<i>Nauclea latifolia</i> Sm.	Rubiaceae	Ph	SZ	Com
<i>Nymphaea lotus</i> L.	Nymphaeaceae	Th	SZ	Com
<i>Pancratium trianthum</i> Herb.	Amaryllidaceae	Th	SZ	Com
<i>Panicum laetum</i> Kunth	Poaceae	Th	SA/SZ	Com
<i>Panicum turgidum</i> Forssk.	Poaceae	H	SA/SZ	Com
<i>Polygala erioptera</i> DC.	Polygalaceae	Th	SZ	rare
<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	Fabaceae	Ph	SZ	Com
<i>Rogeria adenophylla</i> J. Gay ex Del.	Pedaliaceae	Th	SZ	fréq
<i>Salvadora persica</i> L.	Salvadoraceae	Ph	PR	Disparue
<i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth	Poaceae	Th	SA/SZ	Com
<i>Sclerocarya birrea</i> (A. Rich.) Hochst.,	Anacardiaceae	Ph	SZ	rare
<i>Senna italica</i> Mill.	Fabaceae	C	SA/SZ	menacée
<i>Senna occidentalis</i> (L.) Lien	Fabaceae	C	SZ	rare
<i>Sesamum alatum</i> Thonn.	Pedaliaceae	Th	SZ	Freq.
<i>Sesbania sesban</i> (L.) Merr.	Fabaceae	Th	SZ	Com
<i>Sorgho bicolor</i> (L.) Moench	Poaceae	Th	SZ	Cult
<i>Sporobolus helvolus</i> (Trin.) T.Durand et Schinz &Schinz	Poaceae	H	SZ	Fréq
<i>Sterculia setigera</i> Delile	Steruliaceae	Ph	SZ	Com
<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham.	Bignoniaceae	Ph	SZ	Com
<i>Tamarndus indica</i> L.	Fabaceae	Ph	SZ	rare
<i>Tapinanthus pentagonia</i> (DC.) Tiegh.	Loranthaceae	Ph	SA/SZ	Fréq
<i>Tephrosia purpurea</i> (L.) Pers.	Fabaceae	Th	SZ	Com
<i>Terminalia avicennioides</i> Guill. &Perr.	Combretaceae	Ph	SZ	Disparue
<i>Tragus racemosus</i> (L.) All.	Poaceae	Th	SZ	Com
<i>Tribulus terrestris</i> L.	Zygophyllaceae	Th	PR	Com

<i>Triticum aestivum</i> L.	Poaceae	Th	PR	Cult
<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	Fabaceae	Th	SZ	Cult
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	Rhamnaceae	Ph	PR	Com
<i>Ziziphus mucronata</i> Will.	Rhamnaceae	Ph	SZ	Com
<i>Zornia glochidiata</i> Rchb. ex DC.	Fabaceae	Th	SZ	Com

Les *Fabaceae* (20%) et les *Poaceae* (18%) représentent les principales familles dominantes. Elles sont suivies des *Cucurbitaceae*, des *Cyperaceae*, des *Capparaceae* et des *Tiliaceae* avec 20% des espèces. Cependant, 21 familles, représentées chacune par une ou deux espèces, se partagent les 21% de la flore de cette mare. Le graphique (Figure 2) montre la distribution de cette flore en fonction des familles.

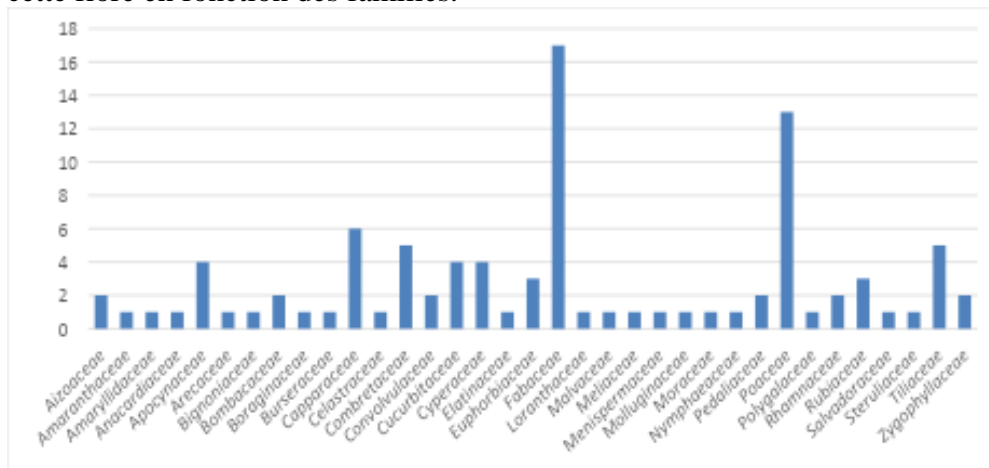


Figure 2. Biodiversité de la flore de Bougary

La répartition biofloristique des taxons recensés indique la dominance des thérophytes (46%) et des phanérophytes (44%) ce qui reflète le caractère aride de la zone par leur comportement adaptatif; ces valeurs sont en conformité avec celles obtenues par Abdellahi et al. (2011). Au plan biogéographique, 49% des taxons sont soudano-zambésiens et 30% de transition saharo-arabique /soudano-zambésienne conformément aux travaux de Barry et Celles (1972-1973) et de Monod (1957).

Les graphiques suivants indiquent les caractéristiques biologiques et biogéographiques des taxons inventoriés. Il faut bien reconnaître que la flore de la zone pourrait bien être plus importante comme l'ont déjà signalé Toupet (1966) et Lebrun (1998) ; nos prospections ont été limitées par les conditions météorologiques et climatiques qui présidaient lors de nos missions de terrain et des contributions des personnes ressources contactées. Certaines zones en montagne n'ont pu être explorées en raison de leur enclavement topographique.

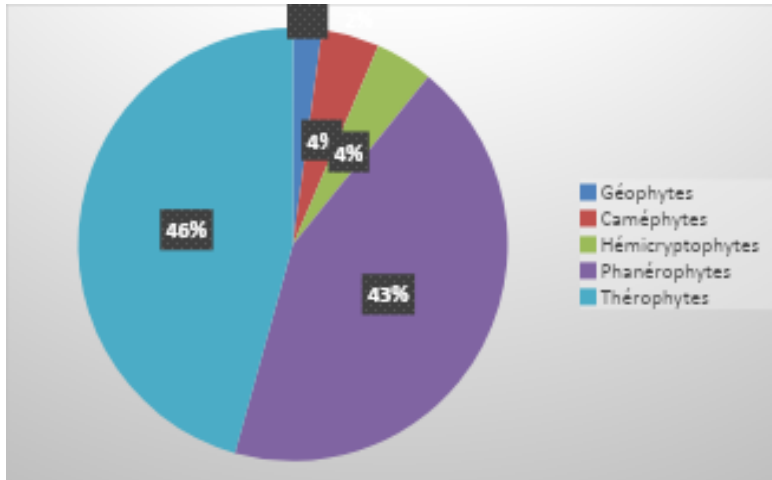


Figure 3. Répartition en types biologiques de la flore de Bougary

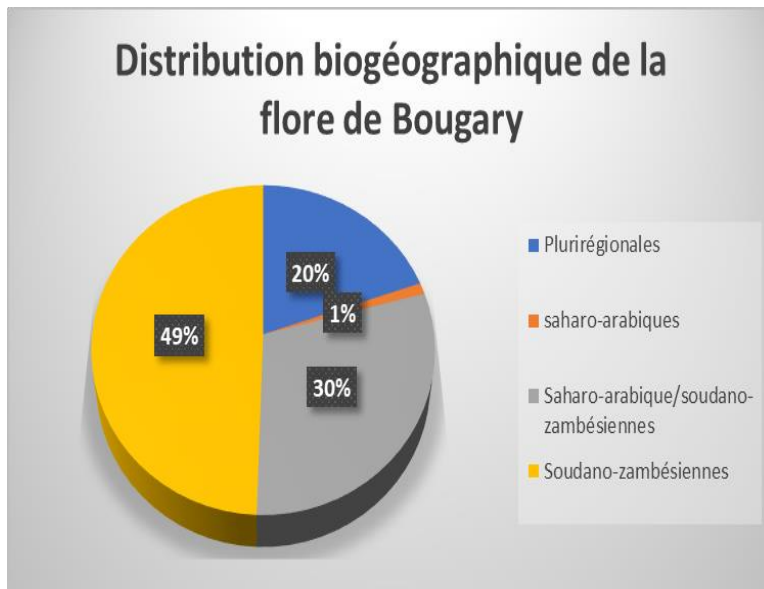


Figure 4. Distribution biogéographique de la flore de Bougary

Structure spatiale de la végétation

Si les espèces végétales se répartissent dans les différentes formations végétales selon leur affinité plus ou moins prononcée pour tel ou tel facteur écologique, les données de la topographie nous imposent d'opter pour un classement des formations végétales suivant les types de sols et les relations avec l'eau. Cette distribution de la flore est bien conforme avec celle des sols typiques de l'Inventaire des ressources du Sud-ouest mauritanien effectué par l'Institut de télédétection, South Dakota University suivant Anonyme (1982).

Ainsi nous trouvons au niveau de Bougary trois types de paysages, évoluant des substrats dunaires au raccordement sablo-argileux vers la cuvette argileuse inondée ou le milieu aquatique avec très souvent des espèces caractéristiques.

- *Formation dunaire*

Les espèces dominantes rencontrées dans ce biotope sont d'affinité sablonneuse. On y rencontre *Vachellia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Calotropis procera*, *Leptadenia pyrotechnica* et *Senegalia senegal* sont ici dominant pour les ligneux ; les herbacées y sont représentées par *Cenchrus biflorus*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Indigofera senegalensis*, *Aerva javanica*, *Heliotropium ramosissimum*, *Tribulus terrestris*, *Schoenefeldia gracilis*. Cette formation végétale assez spécifique, manifeste ici de réelles aptitudes à la fixation des dunes et des zones d'ensablements comme l'ont indiqué Daget et Poissonnet (1997).

- *Formation du raccordement sablo-argileuse*

Les espèces suivantes y sont recensées : *Tribulus terrester*, *Abutilon pannosum*, *Cyperus alopecuroides*, *Echinochloa pyramidalis*, *Glinus lotoides*, *Physalis angulata*, *Sporobolus helvolus*, pour les herbacées essentielles de cette zone de raccordement ; les ligneux y sont principalement représentées par *Vachellia tortilis*, *Ziziphus mauritiana*, *Hyphaene thebaica*. Cette zone conserve encore malgré la désertification menaçante, les mêmes espèces caractéristiques que celles indiquées par Naegelé (1958) et Toupet (1967).

- *Formation de la cuvette argileuse inondée et abords*

Nous y trouvons des espèces aquatiques comme *Ipomea aquatica* en fleur rouge, *Nymphaea lotus* qui occupe un grand plan de la mare (Photo 1), alors que la cuvette argileuse inondée et abords sont occupés par des espèces comme *Cyperus alopecuroides*, *Echinochloa pyramidalis* et des ligneux comme *Vachellia nilotica* et *Ziziphus mauritiana*. Ce cortège est assez caractéristique de ce type de sols en Mauritanie (Photo 2.), conformément aux travaux antérieurs notamment de South Dakota University suivant Anonyme (1982).



Photo 1. Vue de la mare inondée : quelques *Vachellia nilotica* et herbacées inondées (UR-EBDD, sept 2020)



Photo 2. Vue de la mare asséchée (UR-EBDD, mai 2024) avec *Vachellia nilotica* et *Piliostigma reticulatum*

Espèces végétales à valeur socioéconomique

Le tableau 2 présente 16 espèces signalées par les acteurs locaux comme étant à valeurs socio-économiques et les formes d'utilisation au niveau de la mare de Bougary et ses environs immédiats.

Ces espèces rentrent dans le cadre des ressources utilisées par les populations locales dans le cadre de la sécurité alimentaire, la médecine traditionnelle, ou comme source de bioénergie et dans l'artisanat traditionnelle. Notons toutefois que selon nos informateurs, la consommation des ressources de certaines espèces (comme les fruits de *Grewia tenax* ou *Grewia villosa*) reste parfois très discret car mal vu au niveau social.

Tableau 2 : Espèces végétales recensées et formes d'utilisation

ESPECES	Forme d'utilisation socio-économique			
	Alimentation	Pharmacopée	Bioénergie	Artisanat
<i>Balanites aegyptiaca</i>	x	x	x	x
<i>Boscia senegalensis</i>	x	x		
<i>Capparis decidua</i>	x	x		
<i>Combretum glutinosum</i>	x	x		
<i>Commiphora africana</i>		x	x	
<i>Cullen plicatum</i>		x		
<i>Grewia tenax</i>	x			
<i>Grewia villosa</i>	x			
<i>Hyphaene thebaica</i>	x	x	x	
<i>Maerua crassifolia</i>		x		x
<i>Nymphaea lotus</i>	x	x		
<i>Senegalia senegal</i>	x	x		
<i>Senna italica</i>		x		
<i>Vachellia nilotica</i>		x	x	x
<i>Vachellia seyal</i>		x		
<i>Ziziphus mauritiana</i>	x	x		

- *Quelques fruitiers sauvages*

La cueillette des sous-produits forestiers est une activité discrète, mais très importante autour de la mare de Bougary, même si elle reste en grande partie au stade autoconsommation. Les fruitiers contribuent à la diversification nutritionnelle et à l'obtention de certains revenus ; les fruitiers les plus connus sont surtout les *Ziziphus mauritiana* ou jujubiers, les fruits du *Balanites aegyptiaca* ou dattier sauvage, ceux du Nénuphar ou *Nymphaea lotus* et les fruits de l'*Hyphaene thebaica* (*Zguillim*) communément connu sous le nom Karour comme le rapportent Thouzery et Ould Mohamed Vall(2011).

Ziziphus mauritiana fait l'objet d'une attention particulière pour sa production de jujubes qui sont convoités en raison de leurs valeurs nutraceutiques et marchandes. Selon Arbonnier (2019), la pulpe sucrée est mangée fraîche ou associée dans des pâtisseries ou des boissons. Les jujubes

sont très riches en vitamines C (300 à 400 mg/100g de fruits) selon les données présentées par Thouzery et Ould Mohamed Vall(2011).

L'arbre a une grande tolérance à l'engorgement et à la sécheresse et peut pousser là où les précipitations annuelles varient de 125 à 225 mm. La plante mûrit ses fruits en période froide, période favorable au développement des maladies liées au froid. Les fruits sont vendus à 15MRU¹ le kg à l'état brut et à 20MRU le kg quand ils sont en poudre. On en fait d'excellentes boissons seul ou associé au lait pour acquérir le refroidissement comme l'indiquent Thouzery et Ould Mohamed Vall(2011).

L'usage des ressources des plantes est assez conforme à ce qui se retrouve dans toute la zone sahélienne comme signalé par Arbonnier (2019). Le dattier du désert (*Balanites aegyptiaca*) est très rarement consommé par la population locale ; de rares personnes récoltent ces fruits pour un but thérapeutique (Photo 3). Cependant c'est une plante à haute valeur médicinale et cosmétique.



Photo 3. Fruits du *Balanites aegyptiaca* ou dattier du désert

Le *Nymphaea lotus* offre des fruits (dont on fait du couscous) et des bulbes consommés par les populations locales comme légumes. Peu de renseignements indiquent que ceux-ci sont impliqués dans un but lucratif éloquent. Les feuilles sèches sont vendues comme fourrage à raison de 100MRU le sac de 50KG.

Les fruits de l'*Hyphaene thebaica* (*Zguillim*) ou Karour sont collectés, consommés et commercialisés par les femmes et les enfants essentiellement. Ils sont vendus localement ou à Kiffa à l'état brut ou après transformation. Le kilogramme est variable si les fruits sont à l'état brut (10MRU/kg) ou transformés en poudre (40MRU/kg) selon la discussion des participants à Ehl

¹ MRU est la monnaie nationale. 1€ = 400MRU

Ciyam. Ces fruits sont utilisés comme bon fourrage pendant la période de soudure.

D'autres fruits, bien que très amers, sont cueillis et exploités pour des besoins culinaires par les populations après un traitement professionnel particulier. C'est le cas des baies jaunes de *Boscia senegalensis* (appelées localement *Boughrilli*) et les baies de *Capparis decidua* (appelées *Mendiagha*). En plus d'être consommés frais, les fruits mûrs sont souvent bouillis pour éliminer les principes amers comme indiqué par Thouzery et Ould Mohamed Vall (2011).

- *Des plantes médicinales et aromatiques*

Les plantes utilisées pour soigner les maladies ou traiter des dysfonctionnements font aujourd'hui partie d'une économie familiale, mais leur commerce reste encore dans l'informel et c'est pourquoi nous nous réservons de noter l'existence d'une filière car toutes les opérations de collecte, de commercialisation relèvent de l'amateurisme et pour satisfaire l'autoconsommation. Les *focus groups* organisés avec la coopérative Ehl Ciyam et les questionnaires individuels ont permis de voir l'existence d'un savoir endogène thérapeutique traditionnel, basé sur les plantes locales. Dans cet ordre d'idées, les ressources de plusieurs espèces ont été citées :

- Feuilles du jujubier pour calmer les diarrhées et pour l'hypertension ;
- Fruits des balanites (Tougga) pour lutter contre l'hypertension,
- Ecorces du *Vachellia nilotica* (*Lihbile*) pour traiter les blessures et résoudre le problème des diarrhées sanguinolentes,
- Ecorces de *Vachellia seyal* (Dbagh Sadra Elbaydha) pour les maladies de la gorge ;
- Feuilles de *Cullen plicatum* pour les gastralgies ;
- Feuilles de *Senna italica* pour les constipations ;
- Feuilles du *Maerua crassifolia* (OuargAtil) pour les diarrhées et le diabète ; Feuilles du *Combretum glutinosum* (OuragTikifit) pour les diarrhées
- Ecorces de *Sclerocarya birrea* contre le diabète (Photo 4)
- Gomme de *Senegalia senegal*(Elilk), pour la toux, la constipation, etc. Le Kg se vend à raison de 10MRU le Kg au village Effam Lekhetheiratt.
- Résine (*Mounnass*) de *Commiphora africana* (Limbarke ou Adress) pour beaucoup de maladies (organiques et mentales), dans le cosmétique (plante aromatique) et le socioculturel (contre les Djeens) en indiquant qu'elle est recommandée pendant des nuits et des circonstances particulières. Cette espèce se raréfie dans la zone et se trouve menacée de disparition. La résine est commercialisée dans

toutes les régions administratives (wilayat) en Mauritanie pour ses nombreuses vertus.



Photo 4. Ecorces prélevées au niveau de *Sclerocarya birrea* (UR-EBDD, Mitrewgha mai 2024)

- *Autres produits forestiers non ligneux*

Certains produits sont récoltés au niveau de la mare et à ses abords : les bulbes (Photo 5) du *Nymphaea* (Tidhba localement), les fruits du *Nymphaea* (N'Dairi), les grains des *Panicum* (Azz), de *Grewia villosa* (Berchague) sont très recherchés par la population (Photo 6). Les fruits des *Grewia tenax* et *Grewia villosa* rentrent, selon la littérature locale, dans les habitudes de collecte et de consommation discrètes. Ils seraient consommés par les bergers avec le lait.



Photo 5. Tidhba (bulbe du Nénuphar) décortiqué pour la cuisine



Photo 6. Couscous de fleurs de *Nymphaea lotus* à Bougary

Les acacias ont de multiples vertus en Afrique subsaharienne, exploitées par les populations locales, comme signalé par Nongonierna (1978). La gomme arabique (Ililk), prélevée du *Senegalia senegal*, est utilisée par les populations dans le cadre de l'alimentation (Zrig, lait et thé) et des thérapeutiques traditionnelles, sous forme naturelle ou grillée, à l'état frais ou sèche, en poudre ou en décoction. Les gousses de *Vachellia nilotica* servent aussi à tanner les peaux et des quantités modestes sont commercialisées par des paysans vers kiffa. Le tableau3 révèle les principaux prélèvements végétaux exploités par les populations.

Tableau 3. Synthèse sur les PFNL récoltés par la population à Bougary

Espèce	Nom local	Br	Bu	Fe	Fr/Gs	Ec	Gm	Rés
<i>Vachellia nilotica</i>	Amour				+	+		
<i>Senegalia senegal</i>	Awirwar						+	
<i>Vachellia tortilis</i>	Talh				+			
<i>Balanites aegyptiaca</i>	Teychott	+			+			
<i>Combretum glutinosum</i>	Tikifit			+				
<i>Commiphora africana</i>	Adress	+						+
<i>Corchorus tridens</i>	Taghitrab			+				
<i>Hyphaene thebaica</i>	Zguillim				+			
<i>Maerua crassifolia</i>	Atil			+				
<i>Nymphaea lotus</i>	Tidhba		+	+	+			
<i>Grewia tenax</i>	Ligleye				+			
<i>Grewia villosa</i>	Berchague				+			
<i>Panicum laetum</i>	Azz				+			
<i>Psoralea plicata</i>	Tatart			+				
<i>Senna italica</i>	Evellejit			+				
<i>Ziziphus mauritiana</i>	Sdir			+	°			

Br : branchettes ; Bu : Bulbes ; Fe : feuille ; Fr : fruit ; Go : gousse ;
 Gm : Gomme ; Rés : résine.

La famille des Capparacées, qui a une large distribution en Mauritanie, à travers cinq principaux genres (*Boscia*, *Cadaba*, *Capparis*, *Gynandropsis* et *Maerua*), offre de nombreux services écosystémiques conformément aux

usages révélés par Arbonnier (2019). Les branches de *Maerua crassifolia* sont prélevées pour servir de brosses à dents et commercialisées à cet égard sur les marchés locaux. Le tas de branches peut atteindre 500MRU.

Les feuilles de *Corchorus tridens* sont récoltées pour des fins alimentaires et médicinales. Elles sont écrasées et rentrent dans un petit commerce local et régional, voire envoyées sur les marchés de Nouakchott et d'autres wilayas. Le prix dépasse parfois 60MRU le Kg, ce qui génère des revenus appréciables.

Les feuilles du *Nymphaea lotus* sont excellentes pour le fourrage des animaux et pour cela elle génère des revenus pour certains paysans et le sac de 50kg est vendu à raison de 100MRU en période sèche. Les fruits de cette plante et ses bulbes sont consommés localement dans le culinaire et ne rentre pas dans des opérations à but lucratif.

Les gousses de *Vachellia tortilis* sont récoltées et utilisées comme fourrage pour les animaux domestiques ; le Kg de gousses s'élève à 120MRU dans les marchés de Nouakchott. Cependant sur le plan local, il ne semble pas que ces gousses sont commercialisées pour générer des revenus. Les personnes interrogées pensent que l'espèce est invasive et qu'elle est souvent porteuse de parasites qui infestent le milieu et s'attaquent à d'autres plantes surtout dans les champs. Les branches de *Commiphora africana* sont utilisées comme celles de *Maerua crassifolia*, comme brosses à dents très recherchées, surtout qu'elles sont aromatisées.

Des espèces disparues ou menacées

Les informations recueillies sur le terrain attestent que 12 espèces seraient disparues ou en voie de disparition dans les parcours naturels ; les menaces sont d'intensités différentes suivant les causes selon MEDD (2014) , et pour certaines espèces (*Adansonia digitata*, *Ceiba pentandra*, *Grewia bicolor*, *Ficus sycomorus* (Photo 7), aucune régénération naturelle ne se rencontre dans les environs immédiats de la mare de Bougary qui est la plus humide des trois zones citées ci-dessus . Le tableau 4 indique les espèces disparues et/ou menacées avec leurs noms scientifiques et vernaculaires.

Tableau 4. Espèces disparues ou menacées à Bougary

Espèces	Famille	Nom Hassaniyya	Statut
<i>Vachellia seyal</i>	<i>Fabaceae</i>	Sedrabioud	disparue
<i>Adansonia digitata</i>	<i>Bombacaceae</i>	Teydoume	disparue
<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Bombacaceae</i>	Deiwa	disparue
<i>Commiphora africana</i>	<i>Burséraceae</i>	Adriss	menacée
<i>Ficus sycomorus</i>	<i>Moraceae</i>	Djib	menacée
<i>Sarcocephalus latifolius</i>	<i>Rubiaceae</i>	Legwass	menacée
<i>Grewia tenax</i>	<i>Tiliceae</i>	Legleya	menacée
<i>Grewia bicolor</i>	<i>Tiliceae</i>	Imijij	disparue
<i>Grewia villosa</i>	<i>Tiliceae</i>	Berchague	manacée
<i>Pterocarpus eranicus</i>	<i>Fabaceae</i>	Oudhin livrass	Disparue
<i>Sclerocarya birrea</i>	<i>Anacardiaceae</i>	Dembou	manacée
<i>Tamarindus indica</i>	<i>Fabaceae</i>	Eguenat	menacée



Photo 7. *Ficus sycomorus*, espèce menacée dans la zone de Bougary

La pérennité des ressources phytogénétiques est affectée par plusieurs facteurs :

- L'instabilité climatique ;
- La recherche des sources d'énergie domestique (charbon et bois de chauffe) ;
- L'usage du bois à des fins de construction et de fabrication des outils de ménage ;
- Le défrichement à des fins de production agricole ;

- Le surpâturage des animaux domestiques ;
- La cueillette des produits non ligneux à des fins commerciales ;
- Les attaques parasitaires dont une cochenille (Bruchideae), localement appelée *Doueyda* qui s'attaque aux feuilles de *Vachellia tortilis*, provoquant le rougissement et la défeuillaison.

Conclusion

Peu nombreuse (95 espèces) mais hautement diversifiée (82 genres et 35 familles), la flore de Bougary structure ses écosystèmes, marque les paysages et offre à l'homme d'importantes ressources nutritionnelles, thérapeutiques traditionnelles et fourragères. Les fruitiers sauvages, les plantes médicinales et aromatiques, représentent un secteur peu exploité, bien qu'ils puissent favoriser sensiblement la résilience des communautés locales.

Cependant, la pression anthropique se conjugue à celle des changements climatiques pour accélérer la disparition de certaines espèces à haute valeur socioéconomique pour l'Homme et ses animaux. Ainsi, le statut de certains taxons se trouve déjà déclassé alors que les tendances signalent une dégradation progressive des conditions mésologiques au niveau de cet écosystème humide à la lisière sud du désert. Les espèces végétales restent toutefois soumises à une répartition spatiotemporelle corrélée à la disponibilité des eaux de pluies et des eaux d'inondation. Cette dynamique, qui mérite plus d'investigations, reflète la résilience de cet écosystème très vulnérable et qui demandent plus d'efforts de protection et de restauration.

Remerciements

Nous exprimons nos vifs remerciements :

- A Son Excellence, SIDINA OULD AHMED ELY, Directeur de l'ANGMV
- Au Dr. HAMOUDI HAMADI, Directeur de l'ENS
- A Monsieur DIA MOMOUDOU Coordinateur du PZHC (ANGMV)
- Et à tous ceux qui ont aidé d'une manière ou d'une autre à la préparation de ce travail.

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

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

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

References:

1. Abdellahi ould Mohamed vall, Ahmed ould Ismail Boumediana, Ahmedou ould Soule, Mathieu Gueye, Jean-Noël Labat (2011). Contribution a l'étude de la flore de Mauritanie : 1- Evaluation de la biodiversité floristique de l'Assaba (Açaba). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, 2011, n° 33 (2), p. 53-64.
2. ANGMV (2024). Atlas de trois zones humides continentales. Agence Nationale de la Grande Muraille Verte&UR-EBDD, 2024.105p. Nouakchott Mauritanie.
3. Anonyme (1982). Inventaire des ressources du Sud-ouest mauritanien. Institut de télédétection, South Dakota University, Rapport A.I.D./afr-C-1619.391p.
4. Arbonnier Michel(2019). Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Versailles : Ed. Quae, 776 p. ISBN 978-2-7592-2547-7.
5. Barry J. P., Celles J.C. (1991). Flore de Mauritanie, Tomes 1 et 2. Institut Supérieur Scientifique de Nouakchott / Université de Nice-Sophia-Antipolis ; 550 p.
6. Barry J. P. Celles J.C. (1972-1973). Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien. *Naturalia monspeliensia*, sér. Bot. 23-24, 5-48.
7. Berhaut J. (1967). Flore du Sénégal, deuxième édition, Clairafrique / Dakar-Sénégal
8. Boudet G., Duverger E. (1961). Etude des pâturages naturels sahéliens. Le Hodh, Mauritanie. I.E.M.V.T., Maisons Alfort, 160 p
9. Braun-Blanquet J. (1952). Phytosociologie appliquée. 1. Comm. S.I.G.M.A. 116, pp. 156-161
10. Daget, Ph. , Poissonnet, J. (1997). Biodiversité et végétation pastorale. Revue Élev. Méd. vét. Pays trop., 1997, 50 (2) : 141-144.
11. GTZ (2008). Mise en œuvre de la gestion décentralisée des ressources naturelles. Programme Gestion des Ressources Naturelles (ProGRN). Composante 2 : Gestion Décentralisée des Ressources Naturelles au Guidimakha et au Hodh el Gharbi. *Consortium Eco/Iram 2008*.
12. Lebrun J.-P. (1998). Catalogue des plantes vasculaires de la Mauritanie et du Sahara occidental. *Boissiera*, 55, 321 p.
13. MEDD (2014). Stratégie nationale de conservation des zones humides en Mauritanie. Direction des aires protégées et du Littoral, Ministère de l'Environnement et du Développement durable ; Mauritanie.112p.
14. MEDD(2018). Sixième rapport national à la Convention sur la Diversité Biologique. Ministère de l'Environnement et du Développement durable ; Mauritanie.123p

15. Monod Th. (1939). Phanérogames. In Contribution à l'étude du Sahara occidental. Pub. Com. & Hist. et Sc. A.O.F., Éd. Larose, série B, 5, pp. 52-211.
16. Monod, Th.(1957).Les grandes divisions chorologiques de l'Afrique (rapport présenté à la réunion de spécialistes sur la phytogéographie). Yangambi 29 juillet -8 août 1956. Cons. Scient. Nord, Sahara, 24 : 1 47p. C.S.A. Londres.
17. Naegelé, A. (1958). Contribution à l'étude de la flore et des groupements végétaux de la Mauritanie II. - Plantes recueillies par Mlle Odette du Puigaudeau en 1950 Bulletin de l'Institut français d'Afrique Noire (I.F.A.N.), série A, XX, 3, 876 - 908, (1958)"
18. Nongonierna, A. (1978). Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* Miller (Mimosaceae) en Afrique occidentale. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences de l'Université de Dakar.
19. Roberty G. (1958). Végétation de la Guelta de Soungout (Mauritanie méridionale) en mars 1955. Bull I.F.A.N., XX, sér. A, n°3 ; pp. 869-875
20. Toupet Ch. (1966). Etude du milieu physique du massif de l'Assaba (Mauritanie). Introduction à la mise en valeur d'une région sahélienne. Initiatives et études africaines, 20, I.F.A.N., Dakar, 152 p.
21. Thouzery M., Abdellahi Ould Mohamed Vall, (2011).Plantes médicinales de Mauritanie. Remèdes traditionnels et guérisseurs du Sahara au fleuve Sénégal. Edition : *Association Plantes et nomades*.2011 - 287 pages.

Amélioration de la conservation de la papaye (*Carica papaya* L.), variété Solo Golden, à la température ambiante par l'utilisation de films polyéthyléniques

Konan Kouakou Olivier

Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et Amélioration de la production Végétale, Côte d'Ivoire

Ouattara Tièba Victor

Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, Côte d'Ivoire

Eponon Eboa Christophe Ghislain

Dick Acka Emmanuel

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, UPR Physiologie Végétale et phytopathologie, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n30p185](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p185)

Submitted: 05 August 2024

Accepted: 24 October 2024

Published: 31 October 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Konan K.O., Ouattara T.V., Eponon E.C.C. & Dick A.E. (2024). *Amélioration de la conservation de la papaye (Carica papaya L.), variété Solo Golden, à la température ambiante par l'utilisation de films polyéthyléniques*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (30), 185. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p185>

Résumé

Objectifs : Le niveau élevé de perte post-récolte de la papaye en Côte d'Ivoire, exige une solution de conservation. L'objectif général de cette étude a été de mesurer les indicateurs de qualité de la papaye après des délais de conservation dans un emballage polyéthylénique. *Matériel et méthodes* : La variété Solo Golden a été utilisée pour cette étude. Trois traitements, T1, T2 et T3 dans un dispositif en blocs aléatoires complètement randomisés avec trois répétitions ont été effectués. T1 représentait le témoin (fruits non emballés), T2, et T3 fruits emballés respectivement pendant 8 jours et 12 jours. *Résultats* : Le conditionnement dans le film de polyéthylénique a freiné le mûrissement des fruits mais favorisé le développement de microorganismes fongiques sur le péricarpe, prolongé le délai de mûrissement entre 13 et 15 jours et augmenté la fermeté de la pulpe. En outre, ces traitements ont réduit la coloration de la pulpe, l'acidité titrable de la pulpe et le taux d'extraits secs

solubles. *Conclusion et application des résultats* : L'emballage polyéthylénique tout en augmentant la durée de vie verte, dégrade la qualité commerciale de la papaye Solo Golden avec une faible coloration et une importante fermeté. Cette étude constituera une base de données scientifiques pour les prochaines recherches sur la conservation des fruits d'une façon générale et particulièrement la papaye. En effet, les devises sont perdues par le fait que les fruits mûrissent vites et finissent par pourrir avant leur commercialisation. Cela contribue à la paupérisation des commerçantes et producteurs. Ainsi, cette étude qui fait l'objet de publication pourrait être améliorée dans les prochaines recherches.

Mots-clés: Papaye, emballage polyéthylénique, mûrissement, paramètres physico-chimiques

Improving the shelf life of post-harvest papaya (*Carica papaya* L.), Solo Golden variety, stored at room temperature by using polyethylene films as packaging

Konan Kouakou Olivier

Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences de la Nature, Laboratoire de Biologie et Amélioration de la production Végétale, Côte d'Ivoire

Ouattara Tièba Victor

Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, Côte d'Ivoire

Eponon Eboa Christophe Ghislain

Dick Acka Emmanuel

Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Biosciences, UPR Physiologie Végétale et phytopathologie, Côte d'Ivoire

Abstract

Objectives: The high level of post-harvest loss of papaya in Côte d'Ivoire requires a preservation solution. The general objective of this study was to measure papaya quality indicators after storage in polyethylene packaging. *Materials and methods:* The Solo Golden variety was used for this study. Three treatments, T1, T2 and T3, were carried out in a completely randomized block design with three replicates. T1 represented the control (unpacked fruit), T2 and T3 fruit packaged for 8 and 12 days respectively. *Results:* Conditioning in polyethylene film slowed fruit ripening but encouraged the development of fungal micro-organisms on the pericarp, extended ripening time to between 13 and 15 days and increased pulp

firmness. In addition, these treatments reduced pulp color, titratable pulp acidity and soluble solids content. *Conclusion and application of results:* Polyethylene packaging, while increasing green life, degrades the commercial quality of Solo Golden papaya, with poor coloration and high firmness. This study will provide a scientific database for future research into fruit preservation in general, and papaya in particular. In fact, foreign currency is lost because the fruit ripens quickly and ends up rotting before it can be marketed. This contributes to the impoverishment of traders and producers. This published study could therefore be improved in future research.

Keywords: Papaya, polyethylen, rupning, physico-chemical parameters

Introduction

La production mondiale annuelle de papaye est estimée à 15 millions de tonnes et se trouve concentrée en Asie avec 51%, sur le continent américain avec 39% et en Afrique pour 10% seulement. En 2020, l'exportation mondiale de papaye a été évaluée à 353 000 tonnes (FAO, 2020). Par ailleurs, la Côte d'Ivoire est le deuxième pays producteur africain après le Ghana (N'Da *et al.*, 2008). Mais la nature particulièrement périssable des fruits tropicaux conduit à d'importantes pertes post-récolte. Pour la papaye par exemple, les pertes sont comprises entre 30 et 60 %. Ces pertes sont consécutives à la faible durée de conservation, la faible cohésion cellulaire des tissus de la pulpe, la précocité de la crise climactérique et aux pourritures. Ces dernières sont provoquées par l'infestation des fruits par des agents pathogènes (Paull, 2001).

Ces fruits ont donc une durée de vie verte, après récolte, limitée. En effet, les papayes récoltées généralement au stade vert 1/8 ou vert clair (Wall, 2006), mûrissent pleinement entre 10 et 16 jours aux températures comprises entre 22,5 et 27,5 °C. Cela pose ainsi la problématique de la conservation et du délai de mûrissement de ces fruits tropicaux en général.

Les mécanismes métaboliques qui ont lieu au cours du mûrissement des fruits sont étroitement associés aux facteurs tels que l'éthylène, le gaz carbonique, la température et l'oxygène (Thomas *et al.*, 2008). Une augmentation de la production des fruits peut être réalisée par la réduction à terme des pertes post-récoltes. Malgré les pertes de production liées à la mauvaise conservation ou au manque de connaissance sur les méthodes appropriées de celle-ci, peu de travaux ont été réalisés sur le prolongement de la vie verte. C'est dans ce contexte que cette étude d'amélioration de la conservation de la papaye par l'utilisation d'emballage polyéthylénique, a été réalisée.

Matériel et Méthodes

Site de l'étude

Les essais de prolongement de la durée de vie verte des fruits ont été réalisés au laboratoire de l'Unité Pédagogique de Recherche physiologie végétale de l'UFR (Unité de Formation et de Recherche) Biosciences à l'Université Félix Houphouët-Boigny. Les fruits récoltés ont été conditionnés et délicatement acheminés au laboratoire dans un délai maximum de 6 heures.

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé a été le fruit du papayer de la variété Solo Golden (*Figure 1*). Les fruits, récoltés à la main au stade vert clair (110 jours environ après la floraison (Kouakou *et al.*, 2022) provenaient d'une exploitation villageoise de la ville de Dabou. Selon Kouakou *et al.* (2022), cette variété est largement cultivée en Côte d'Ivoire et possède un goût très apprécié des consommateurs.



Figure 1. Papaye variété Solo Golden

Matériel technique (film de polyéthylène)

Pour retarder le mûrissement de la papaye, l'emballage polyéthylénique sélectivement perméable aux gaz de l'air a été utilisé. L'atmosphère modifiée consécutive à ce confinement a été caractérisée par une raréfaction de l'oxygène et un enrichissement en CO₂ du milieu ambiant au voisinage des fruits (Ahmad *et al.*, 2006).

Traitements et dispositif expérimental

81 fruits ont été utilisés et repartis en trois traitements différents. Le traitement témoin (T1) a été constitué de 27 fruits non ensachés. Les cinquante-quatre autres fruits divisés en deux ont été chacun hermétiquement ensachés dans des films de polyéthylène de 100 µm d'épaisseur et 1058 cm² de surface (*Figure 2*) pour réprimer le mûrissement consécutif à une crise

climactérique intervenant entre 2 et 7 jours après la récolte de la papaye Solo Golden au stade vert clair (Ilana et Angelo 2006).



Figure 2. Papayes de la variété Solo Golden dans un emballage polyéthylénique

Vingt-sept fruits ont été retirés des emballages au 8^{ème} jour. Ceux-ci ont constitué le traitement T2. Le stade jaune étant atteint 10 jours après la récolte, de la papaye au stade vert clair (Paull *et al.*, 1997 ; Kouakou *et al.*, 2022), au jour 12, 27 autres fruits correspondant au traitement T3 ont été retirés des emballages polyéthyléniques. Les trois traitements de 27 fruits chacun ont donc été :

T1 : fruits non emballés soit 0 jour d'emballage (témoin)

T2 : 8 jours d'emballage

T3 : 12 jours d'emballage

Tous les fruits ont été entreposés à la température ambiante de 28 ± 2 °C et à une humidité relative de 80 à 90 %, pour mûrissement suivant les conditions de Kouakou *et al.* (2022). Le dispositif expérimental a été trois blocs, représentant trois répétitions complètement randomisés. Les fruits emballés ont été ressortis des sachets après 8 jours (T2) et 12 jours (T3) puis comparés au témoin non emballé

Paramètres mesurés

Caractérisation des stades de mûrissement

Les stades de mûrissement ont été déterminés à l'aide de l'échelle colorimétrique de l'épicarpe de la papaye Maradol (Felipe *et al.*, 2009) et les stades caractéristiques de la coloration de l'épicarpe et de la pulpe pendant le mûrissement de la papaye Solo Golden selon Kouakou *et al.* (2022).

Aspect interne des sacs de polyéthylène

L'aspect interne des sacs polyéthyléniques a été observé aux termes des périodes d'ensachage, aux 8 et 12^{ème} jour pour rechercher la présence de trace d'eau.

Caractéristique sanitaire de la papaye préalablement ensachée

La caractérisation sanitaire a été déterminée visuellement par la présence de colonies fongiques, de marques de cicatrisation ou de nécrose de l'épicarpe.

Caractérisation visuelle des stades du mûrissement de la papaye

Les différents stades de mûrissement des fruits ont été visuellement déterminés par simple observation à partir d'une échelle des couleurs de l'épicarpe et de la pulpe de la papaye « Maradol » proposée par Felipe *et al.* (2009). Les stades caractéristiques du mûrissement de la papaye Solo Golden ont été proposés par Kouakou *et al.*, (2022). La méthode consiste à faire une comparaison visuelle de la couleur de l'échelle avec la couleur du fruit entreposé pour mûrissement. La couleur de l'échelle la plus proche de celle de la papaye mûrissante a été retenue pour caractériser le stade du mûrissement de la papaye Solo Golden.

Paramètres physiques et chimiques du mûrissement

La mesure des données physiques a concerné le délai de mûrissement estimé en jours (Dick *et al.*, 2009), la coloration de l'épicarpe et de la pulpe exprimée en unité arbitraire (UA) puis la fermeté du fruit entier et de la pulpe en g/cm (Nganzoua *et al.*, 2010 ; Kouakou *et al.*, 2022).

S'agissant du délai de mûrissement, il a été cumulatif (période d'emballage plus celle d'exposition à l'air libre jusqu'à mûrissement) pour les traitements T2 et T3.

Les paramètres chimiques des organes en mûrissement ont été déterminés à partir de la pulpe du fruit préalablement ensaché pendant 8 et 12 jours (Kouakou *et al.*, 2022). Ce sont le pH, l'acidité titrable exprimée en meq / 10 g de pulpe fraîche (Dick *et al.*, 2009) et les taux d'extrait sec soluble en °Brix (Dick *et al.*, 2009).

Analyses statistiques

Les données obtenues ont été soumises à l'analyse de variance (ANOVA) avec le logiciel SAS. En cas de différences significatives, les moyennes ont été comparées et classées en groupes homogènes par le test de la plus petite différence significative (test de Fischer) au seuil de 5 %.

Résultats

Aspect interne des sacs de polyéthylène

La paroi interne des sacs d'emballage polyéthylénique a été recouverte de larges plages de buées et de quelques gouttelettes d'eau au 8^{ème} jour. Au 12^{ème} jour, cette buée s'est condensée en gouttelettes d'eau dont le nombre a augmenté (Figure 3).

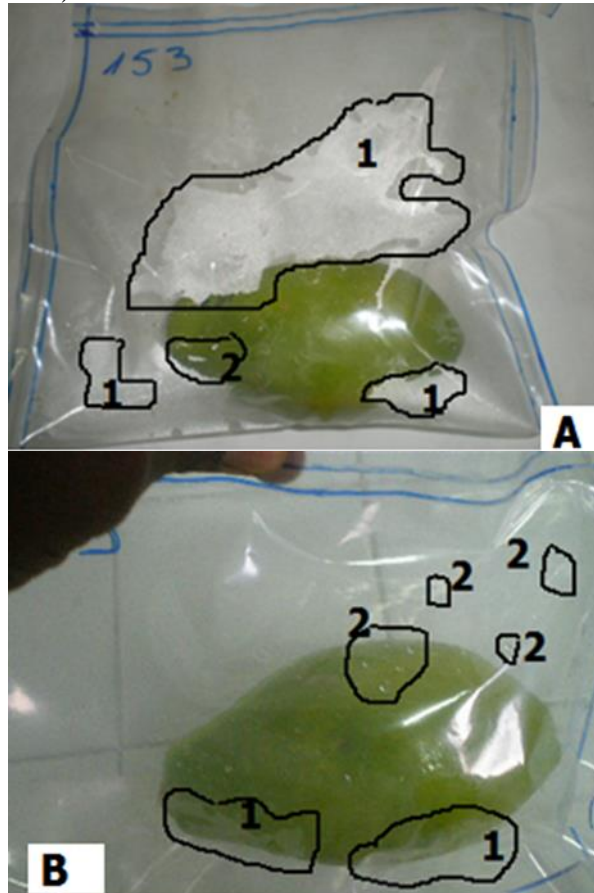


Figure 3. Aspect de la paroi interne de l'emballage polyéthylénique
A : 8^{ème} jours, B : 12^{ème} jour ; 1 : buée, 2 : gouttelettes d'eau

État sanitaire des fruits

Le point d'insertion pédonculaire des fruits après 8 jours d'emballage (T2) a été colonisé par un mycélium cotonneux. Après 12 jours, la colonie fongique a évolué en une nécrose brune en couronne autour de l'insertion pédonculaire. En outre, la surface de l'épicarpe a présenté de petites taches brunes et blanchâtres (Figure 4).

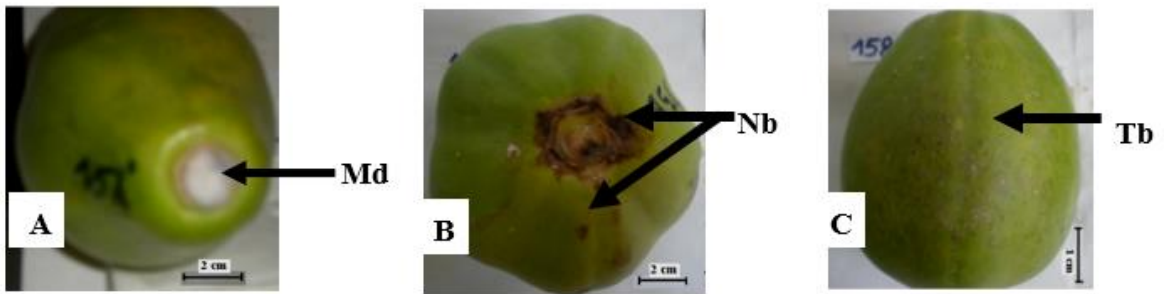


Figure 4. Etat sanitaire de la Papaye Solo Golden sortie des emballages polyéthyléniques, après 8 (A) et 12 (B et C) jours

Md : mycélium duveteux, Nb : nécrose brune, Tb : Tache brune

Stades de mûrissement des fruits avec emballage

Après 8 jours de conservation, la papaye Solo Golden a présenté une coloration de l'épicarpe caractéristique du stade vert tournant jaune. Cette coloration de l'épicarpe n'a pas varié de façon significative après 12 jours (Figure 5).

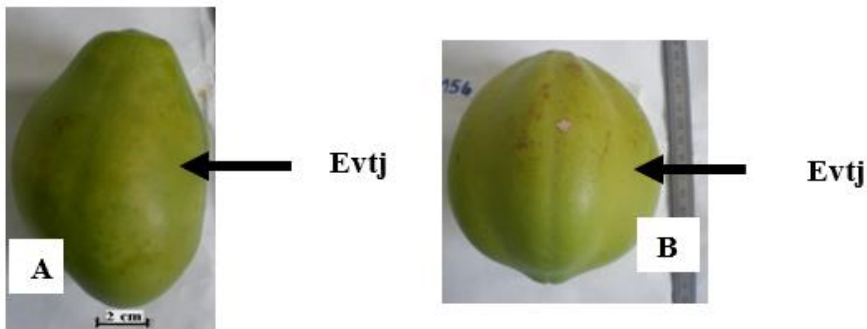


Figure 5. Coloration de l'épicarpe de la Papaye Solo Golden sortie des emballages polyéthyléniques, après 8 (A) et 12 (B) jours

Evtj : épicarpe vert tournant jaune

Caractéristiques physiques des stades du mûrissement de la papaye Solo Golden emballée

Les caractéristiques physiques du mûrissement ultérieur à la température ambiante de la papaye Solo Golden ont été déterminées aux stades tournant jaunes et jaunes.

Délai des stades du mûrissement

Les durées d'ensachage de 8 et 12 jours (respectivement T2 et T3) ont permis d'avoir des délais cumulatifs de mûrissement de 13 et 15 jours comparativement à celui des fruits non emballés qui ont été de 11 jours (Figure 6). Toutefois, ces temps d'emballage n'ont pas eu d'effets significatifs sur le

délai d'apparition du stade jaune. Ce délai a été réduit de moitié par rapport à celui des fruits non ensachés.

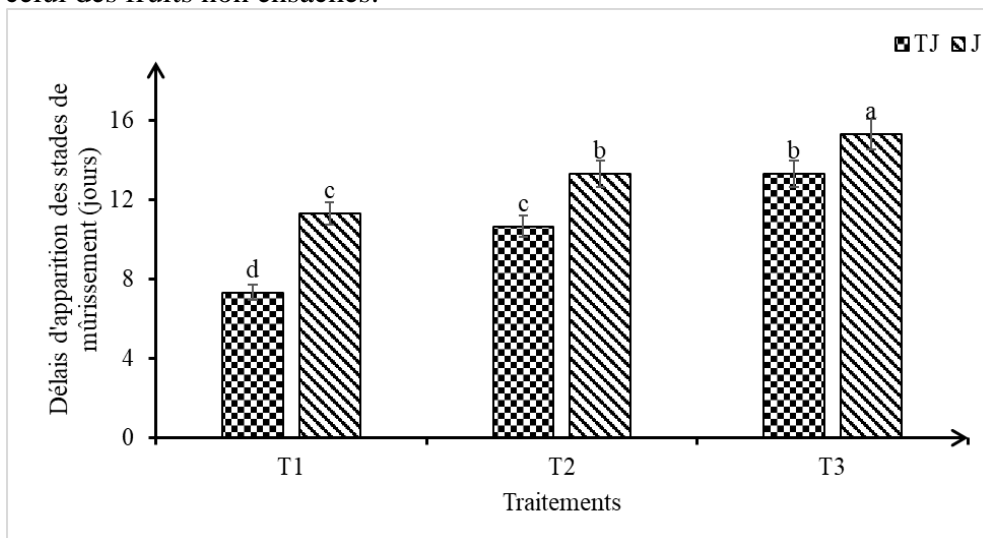


Figure 6. Influence des traitements sur le délai de mûrissement ultérieur de la papaye
Les moyennes suivies de la même lettre sur l'histogramme ne sont pas significativement différentes.

TJ : stade tournant jaune, J : stade jaune.

Coloration de l'épicarpe et de la pulpe du fruit

Les traitements T2 et T3 correspondant respectivement aux durées de conservation en emballage polyéthylénique de 8 et 12 jours n'ont pas eu d'effets sur l'évolution de la coloration de l'épicarpe au mûrissement (Figure 7). Par contre, l'effet a été significatif sur l'évolution de la coloration de la pulpe. En effet, pour des fruits ensachés pendant 8 jours (T2), la coloration orangée de la pulpe, lors du mûrissement, a été moins intense que celle des fruits témoins, aussi bien au stade tournant jaune (3,77 UA) que jaune (4,33 UA). Pour le témoin non emballé par contre, l'indice de coloration a été respectivement de 4,33 et 5,44 UA, aux stades tournant jaune et jaune (Figure 8).

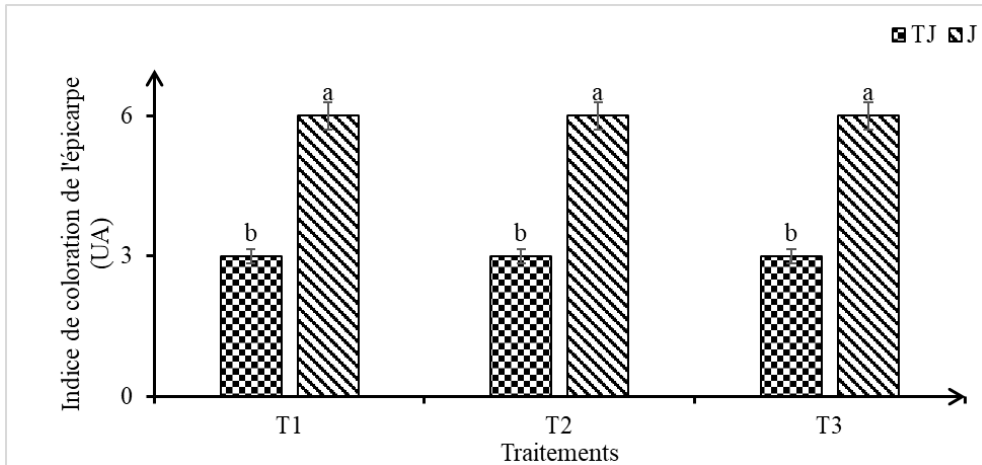


Figure 7. Indice de coloration de l'épicerpe de la papaye au cours du mûrissement en fonction des traitements

TJ : stade tournant jaune, J : stade jaune.

Les moyennes suivies de la même lettre sur l'histogramme ne sont pas significativement différentes.

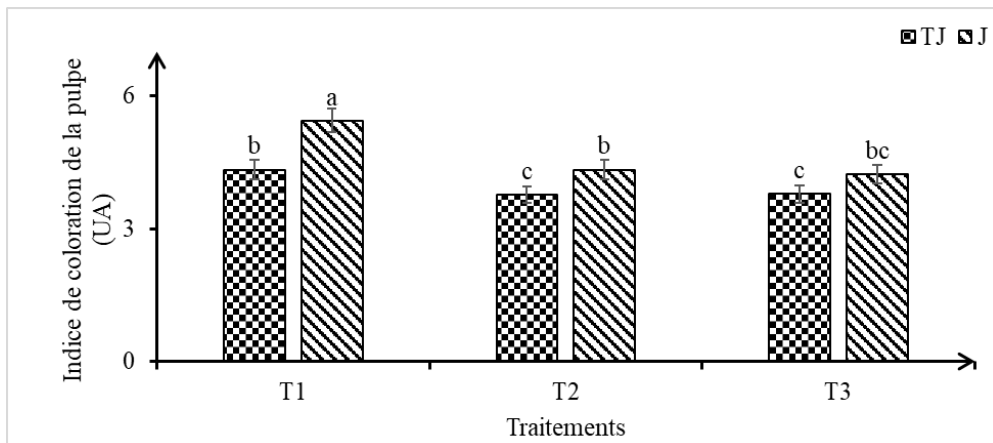


Figure 8. Indice de coloration au cours du mûrissement de la pulpe de papaye en fonction des traitements

TJ : stade tournant jaune, J : stade jaune.

Les moyennes suivies de la même lettre sur l'histogramme ne sont pas significativement différentes.

Fermeté de l'épicerpe et de la pulpe

Les fruits ont été plus fermes au stade tournant jaune comparativement au stade jaune (Figure 9).

Les valeurs, respectivement de 5,51 et 5,06 g/cm pour T2 et T3, ont été plus importantes. Par contre, au stade jaune, la fermeté a été identique quel que soit le traitement.

Pour la fermeté de la pulpe, les différences ont été observées uniquement au stade jaune (Figure 10). Les fruits les plus fermes ont été obtenus avec le traitement T2 et les moins fermes avec les fruits du témoin (T1).

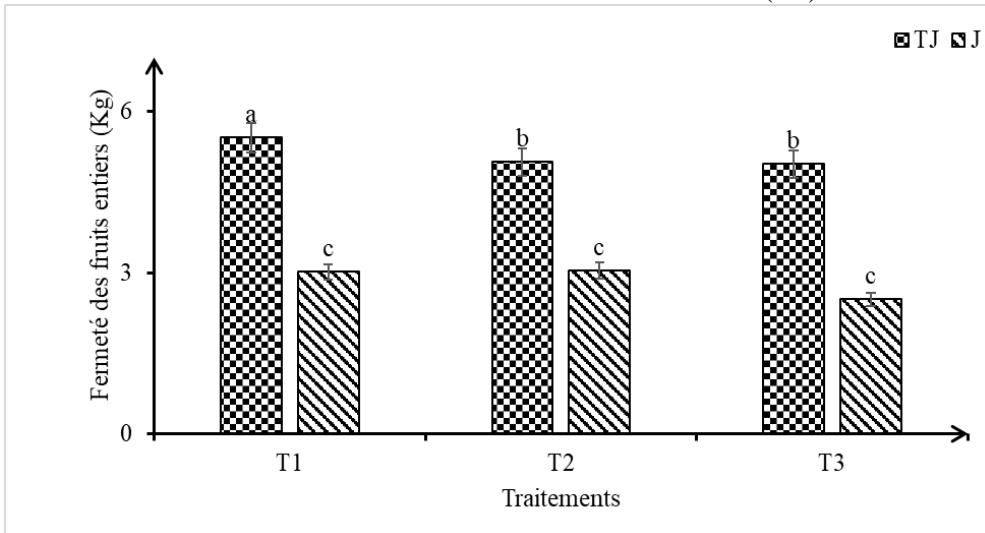


Figure 9. Fermeté de l'épicarpe au cours du mûrissement de la papaye en fonction des traitements.

TJ : stade tournant jaune, J : stade jaune.

Les moyennes suivies de la même lettre sur l'histogramme ne sont pas significativement différentes.

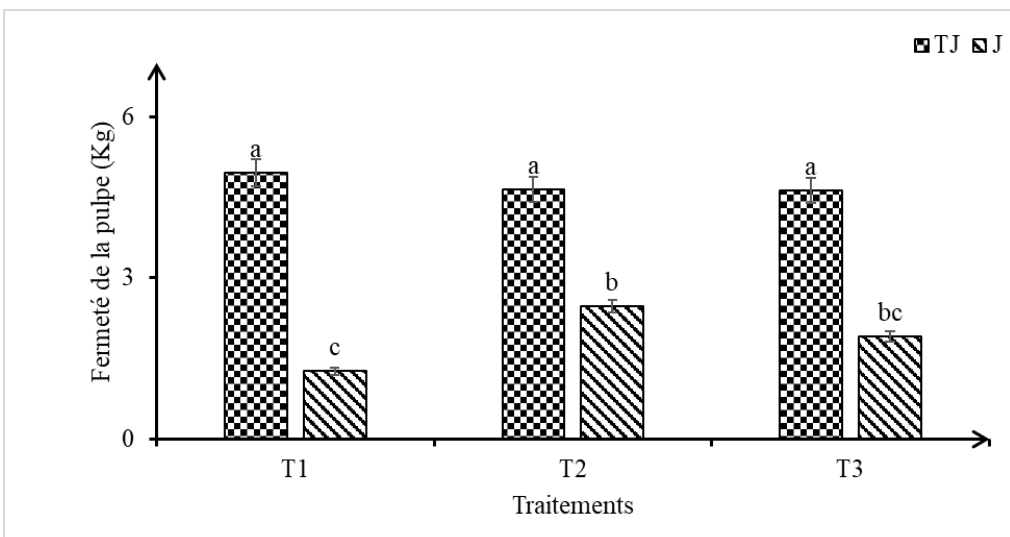


Figure 10. Fermeté de la pulpe de la papaye au cours du murissement en fonction des traitements

TJ : stade tournant jaune, J : stade jaune.

Les moyennes suivies de la même lettre sur l'histogramme ne sont pas significativement différentes.

Caractéristiques biochimiques du mûrissement de la papaye Solo Golden en fonction des traitements et des stades de mûrissement

Potentiel d'hydrogène (pH)

L'évolution du pH de la pulpe traduite par la figure 12 a montré une diminution significative aux stades tournant jaune (5,56) et jaune (5,11), chez le témoin. Les pH aux stades tournant jaune et jaune ont été identiques pour les traitements T2 et T3.

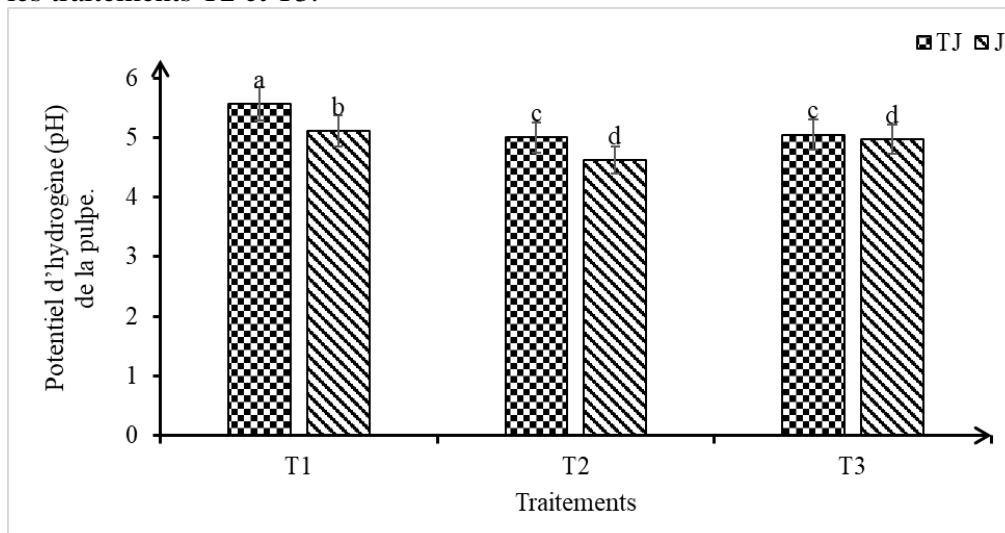


Figure 11. Potentiel d'Hydrogène de la pulpe de papaye au cours du mûrissement en fonction des traitements

TJ : stade tournant jaune, J : stade jaune.

Les moyennes suivies de la même lettre sur l'histogramme ne sont pas significativement différentes.

Acidité titrable

L'acidité titrable de la pulpe de papaye du Solo Golden au cours du mûrissement a varié significativement entre les traitements (Figure 12). L'acidité titrable a été plus élevée quel que soit le stade (tournant jaune et jaune) pour le traitement témoin (T1). Les faibles acidités titrables ont été obtenues avec les traitements T2 et T3.

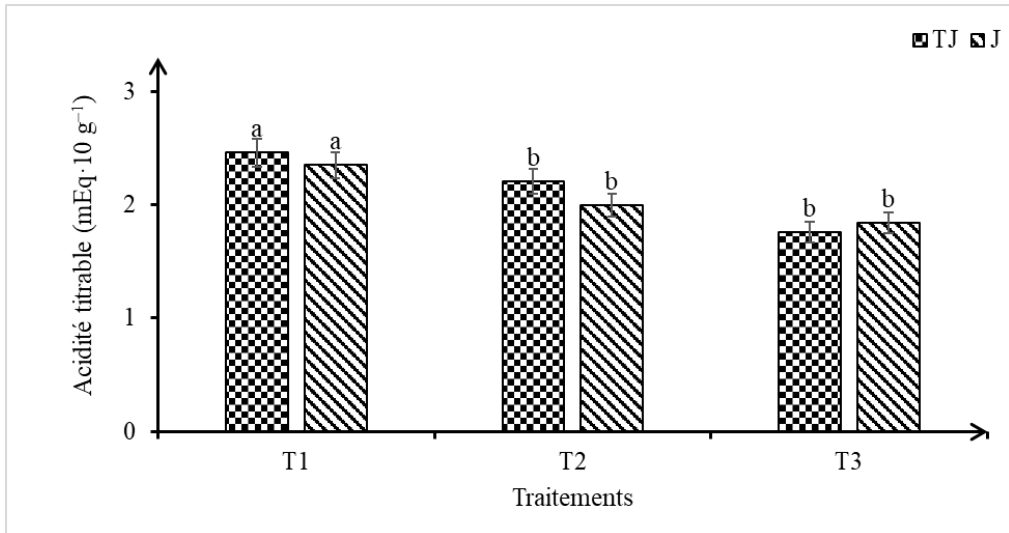


Figure 12. Acidité titrable de la pulpe de papaye au cours du mûrissement en fonction des traitements

TJ : stade tournant jaune, J : stade jaune.

Les moyennes suivies de la même lettre sur l'histogramme ne sont pas significativement différentes.

Extrait sec soluble

Le taux d'extrait sec soluble dans la pulpe de papaye non préalablement emballée augmente lors du mûrissement, du stade tournant jaune (10,75 ° Brix) au stade jaune avec 13,09 ° Brix (Figure 13). Relativement au témoin, un emballage initial de 8 jours n'a eu d'effets que sur le stade jaune dont les valeurs d'extrait sec soluble ont baissé de 13,09 à 10,80 ° Brix. La prolongation de la durée de conservation à 12 jours provoque une baisse significative du taux à 8,23 et 8,19 ° Brix, respectivement aux stades tournant jaune et jaune. Par ailleurs, chez les fruits ensachés, les taux d'extrait sec soluble ont été identiques d'un stade de mûrissement à l'autre.

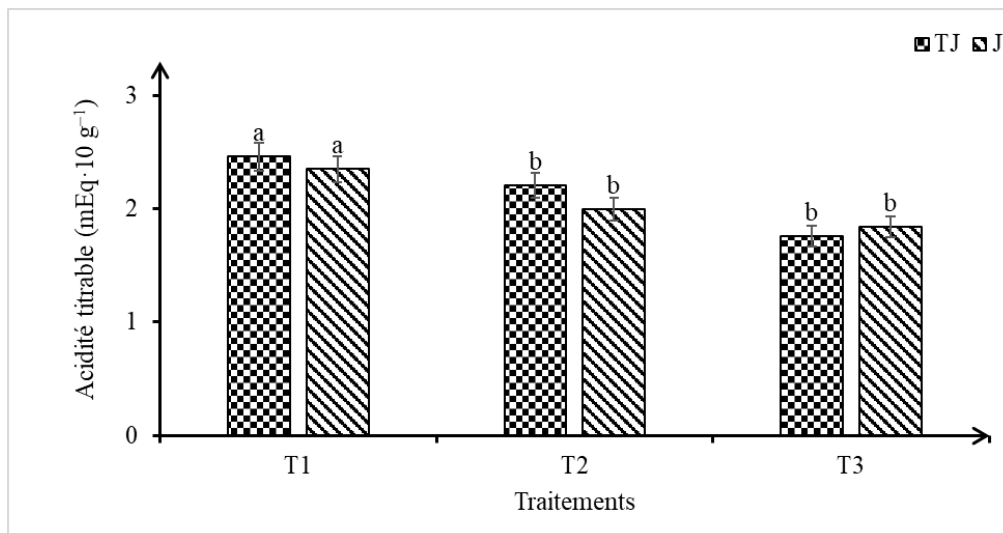


Figure 13. Taux d'extrait sec soluble de la pulpe de papaye au cours du mûrissement en fonction des traitements

TJ : stade tournant jaune, J : stade jaune.

Les moyennes suivies de la même lettre sur l'histogramme ne sont pas significativement différentes.

Discussion

Environnement interne des emballages polyéthyléniques, état sanitaire et stades de mûrissement des fruits ensachés

Les papayes récoltées et ensachées au stade vert-clair pendant 8 et 12 jours présentent, au terme de ces délais, un épicarpe dont la coloration a évolué vers un stade caractérisé de vert tournant jaune. Les fruits témoins non emballés sont de couleur jaune, au terme de ces laps de temps. L'emballage polyéthylénique a donc contribué à ralentir le mûrissement du Solo Golden et prolonger la durée de vie verte des fruits du papayer (Kundana *et al.*, 2022). Cela est probablement dû aux concentrations élevées de CO₂ et faibles d'O₂ à l'intérieur des sachets, qui ont un effet réducteur sur l'activité respiratoire (Djioua, 2010). Le métabolisme de l'éthylène dans les fruits est, sans doute, également réduit (Yahia et Gustavo, 1998 ; Thomas *et al.*, 2007). Par ailleurs, la présence de buée et gouttelettes d'eau d'importance croissante est liée à une forte humidité relative à l'intérieur des sachets suite à la respiration des organes. En effet, au cours de la respiration des fruits, les vapeurs d'eau et du gaz carbonique sont rejetés. Cela a ainsi provoqué l'apparition de l'eau et de la buée sur la paroi interne des sacs polyéthyléniques. L'atmosphère modifiée résultante, et cette forte humidité relative, ont favorisé l'apparition de champignons et de plages nécrotiques au voisinage du point d'insertion du pédoncule. Si les plages nécrotiques participent au processus normal de réaction de l'épicarpe de la papaye, la survenue des colonies fongiques sont

consécutives à la persistance de leurs spores sur l'épicarpe des fruits malgré le lavage à l'eau de robinet.

Effets des films polyéthyléniques sur les caractéristiques du mûrissement de la papaye Solo Golden emballée

Globalement les fruits pré-emballés dans un film polyéthylénique atteignent le stade tournant jaune et jaune plus tardivement au mûrissement à la température ambiante. La pulpe de ces fruits est moins colorée, moins fermes, plus acide et a une acidité titrable moins élevée. Selon les travaux de Chauhan *et al.* (2006) sur la banane douce variété Pachbale, ces variations passives de l'atmosphère interne des sachets polyéthyléniques ont la capacité de rallonger la durée de vie verte en réduisant la respiration des organes et en retardant la crise climactérique. La couleur orangée moins intense de la pulpe pré emballés serait due une quantité moindre de caroténoïdes (Doreyappa, 2002). L'acidité titrable reflétant les teneurs en acides forts tels que les acides aminés et organiques, les acides gras, l'acide ascorbique ou vitamine C et le dioxyde de carbone dissous dans les fruits, sa baisse serait en relation avec une diminution de ces composants certainement en relation avec la baisse de la respiration (Kodjo *et al.*, 2022).

Effets de la durée d'emballage polyéthylénique sur les paramètres du mûrissement de la papaye Solo Golden

La durée de confinement impacte les délais de mûrissement, la coloration de la pulpe, le pH, l'acidité titrable et les extraits secs solubles des fruits. Les durées d'ensachage polyéthylénique de 8 et 12 jours ont permis d'avoir des délais cumulatifs de mûrissement plus longs.

8 jours d'ensachage induit une coloration orangée moins intense, un pH faible de la pulpe relativement aux valeurs des fruits témoins. La baisse du pH traduit une augmentation de l'acidité de la pulpe en relation avec un accroissement des protons H^+ . Une prolongation à 12 jours est sans effet sur la réduction de la coloration de la pulpe. Cependant, elle provoque une diminution des taux d'acidité titrable et d'extraits secs solubles. Ainsi la coloration de la pulpe, l'acidité titrable et les extraits secs solubles sont négativement impactés par la durée de conditionnement dans les films de polyéthylène de la papaye. Les taux d'extraits solubles et de caroténoïdes responsables de la coloration de la pulpe étant respectivement corrélés à l'intensité respiratoire (Dorostkar *et al.*, 2022) et à l'oxygène (Ducamp *et al.*, 2000 ; Mapelli-Brahm *et al.*, 2020), les résultats obtenus suggèrent une réduction du métabolisme respiratoire durant les 8 premiers jours suivi d'un épuisement du glucose comme substrat de respiration et sa substitution par les acides organiques après conversion en glucose (Sharma *et al.*, 2008). Les délais de murissement ultérieur des fruits pré-emballés durant les deux

périodes de confinement (8 et 12 jours) seraient la résultante d'une accumulation non phytotoxique du CO₂ à l'intérieur des emballages polyéthyléniques (Kundana *et al.*, 2022)

Effets de la durée d'emballage polyéthylénique sur les stades du mûrissement de la papaye Solo Golden

Les périodes de virage des stades tournant jaune à jaune des fruits pré-ensachés ont été réduites de moitié à partir de 8 jours de confinement en atmosphère modifiée. Cependant, la couleur orangée de la pulpe, due probablement à la présence de caroténoïdes (Doreyappa, 2002), est moins intense comparativement aux fruits témoins. Les conditions atmosphériques, à l'intérieur des sachets, pourraient limiter la synthèse de ces pigments dans la pulpe des papayes pré emballées, lors du mûrissement ultérieur.

L'emballage aurait induit la baisse, par rapport au témoin, de la dureté des fruits entiers au stade tournant jaune du mûrissement, contrairement à celle du stade jaune. A ce même stade par contre, la fermeté de la pulpe des fruits pré emballés n'a pas varié significativement. Elle a augmenté au stade jaune. D'après ces observations, l'on peut déduire que l'effet de l'emballage sur la fermeté des fruits lors du mûrissement, consiste à fragiliser la peau au stade jaune en la rendant moins résistante et à augmenter la turgescence des tissus de la pulpe. La forte humidité relative qui prévalait à l'intérieur des sachets y a, sans doute, joué un rôle prépondérant.

Parallèlement aux changements physiques, le mûrissement s'accompagne de modifications biochimiques. Ainsi, pour les mêmes traitements appliqués, à savoir 8 et 12 jours d'emballage, le pH et l'acidité titrable sont inférieurs à ceux du témoin, aux stades tournant jaune et jaune. La durée de l'emballage n'a pas d'influence sur les valeurs obtenues. L'une des explications envisageables, corrélée avec la baisse des taux d'extrait sec soluble, serait une orientation du métabolisme vers une ébauche de la fermentation.

Conclusion

L'entreposage des papayes en emballage polyéthylénique retarde le mûrissement des fruits en les maintenant dans un état de relative fraîcheur. Cependant après 8 et 12 jours, un développement superficiel de champignons qui n'altèrent pas gravement la qualité commerciale des organes. Au mûrissement, ces derniers ont une pulpe peu intensément colorée, une faible fermeté du fruit entier contrairement à celle de la pulpe seule. Des valeurs basses du pH et de l'acidité ont par ailleurs été notées. L'emballage polyéthylénique tout en augmentant la durée de vie verte, dégrade la qualité commerciale de la papaye Solo Golden avec une faible coloration et une importante fermeté.

Contributions des auteurs : KONAN Kouakou Olivier, OUATTARA Tièba Victor et EPONON Eboa Christophe Ghislain ont participé à la réalisation des travaux, à la conception, puis à la rédaction et à la mise en forme de l'article; DICK Acka Emmanuel étant le superviseur de ce travail.

Disponibilité des données : Les données générées ou analysées au cours de cette étude sont fournies dans leur intégralité dans l'article publié et sont accessibles chez l'auteur correspondant.

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

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

Remerciements : Nos sincères remerciements vont à l'endroit du Professeur Dick Emmanuel pour la fourniture des films polyéthyléniques et la proposition du protocole expérimental.

References:

1. Ahmad S., Thompson A.K., Perviez M.A., Ullah H., Chatha Z.A. (2006). Effect of Polyethylene Film Thickness and Exposure Time of Ethylene on the Ripening Behavior and Quality of Banana. *International Journal of Agriculture and Biology*, 8 (3) : 381–386.
2. Chauhan O.P., Raju P.S., Shylaja R., Dasgupta D.K., Bawa A.S. (2006). Synergistic effects of modified atmosphere and minimal processing on the keeping quality of pre-cut papaya (*Carica papaya L.*). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, (81): 903-909.
3. Dick E., Adopo N.A., Camara B. (2009). Influence of maturity stage of mango at harvest on its ripening quality. *Fruit*, 64 (1) : 13-18.
4. Djioua T., Charles F., Murillo F.Jr., Filgueiras H., Freire J., Sallanon H. (2010). Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh-cut mangoes. *International journal of food science and technology*, 45 : 849-855.
5. Doreyappa G.I.N. (2002). Ripening in mango fruits. Review. *Indian food packer*, (3): 89-91.
6. Dorostkar M., Moradinezhad F., Ansarifard E. (2022). Influence of Active Modified Atmosphere Packaging Pre-treatment on Shelf Life and Quality Attributes of Cold Stored Apricot Fruit. *International Journal Of Fruit Science* 22 (1) : 402–413.
7. Ducamp M.N., Lebrun M., Thi H.T. (2000). Intensité respiratoire de certaines productions tropicales et facteurs pouvant interférer. *Fruits*, (55) : 401-408.

8. FAO (2020). Principaux fruits tropicaux. Analyse du marché 2020. 22 p.
9. Felipe SB, Enrique SD, Fransco EG, Raul DP, Alfonso LS, Jorge MS, 2009. Postharvest ripening and maturity indices for Maradol papaya. *Nuerciencia*, 34 (8) 583-588.
10. Ilana U.B., Angelo P.J. (2006). Ripening and quality of Golden papaya fruit harvest at different maturity stages. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18 (3) : 389-396.
11. Kodjo N.F., Silué P.A., Zoro A.F. (2022). Variabilités des caractères morphologiques et biochimiques des fruits de *Adansonia digitata* L., issus des zones agroclimatiques en Côte d’Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 37 (3) : 650-658.
12. Kouakou K.O., N’ganzoua K.R., Alla K.T. (2022). Effets de différentes concentrations d’éthéphon sur les paramètres physico-chimiques du mûrissement de la papaye (*Carica papaya* L.) variété Solo Golden entreposée à la température ambiante. *Afrique Science*, 21 (5) : 20 – 34.
13. Kundana M., Jayarajan S., Singh J. (2022). Postharvest life of fruits as influenced by modified atmosphere packaging (MAP): A mini review. *The Pharma Innovation Journal* 2022; SP-11(6): 40-47.
14. Mapelli-Brahm P., Barba F.J., Remize F., Garcia C., Fessard A., Khaneghah A.M., Meléndez-Martínez A.J. (2020). The impact of fermentation processes on the production, retention and bioavailability of carotenoids. *Food Science Technology*, 99 : 389–401.
15. N’da A.A., N’guessan A., Djaha A., Hala N., Kouassi K.I.I.N., Coulibaly F., Edo K., Zongo E. (2008). Bien cultiver la papaye en Côte d’Ivoire. *Fiche technique CNRA*, 4p.
16. Nganzoua K.R., Camara B., Dick E. (2010). “Evaluation des changements physico-chimiques caractérisant le mûrissement au cours de l’entreposage de trois variétés de bananes *Musa* spp. (AAB, cv. Corne 1 ; AAA, cv. Poyo et AA, cv. Figue Sucrée)”, *Sciences et Nature*, 7 (2) 155-163.
17. Paull R.E., Wayne N., Marcelino R., Catherine C. (1997). Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 11 : 165-179.
18. Sharma M., Sitbon C., Subramanian J., Paliyath G. (2008). Changes in Nutritional Quality of Fruits and Vegetables During Storage, In: *Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables, and Flowers*, Wiley-Blackwell Publishing (1st ed.), Iowa, USA, p. 443 - 466.
19. Thomas H.E., Bernard W., Paquot M. (2008). Changements texturaux et biochimiques des fruits du bananier au cours de la maturation. Leur

- influence sur la préservation de la qualité du fruit et la maîtrise de la maturation. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 12 (1) : 89-98.
20. Wall M.W. (2006). Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa* sp) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. *Journal of food composition and analysis*, (19): 434-445.
 21. Yahia E.M., Gustavo G. (1998). Use of passive and semi-active atmospheres to prolong the postharvest life of avocado fruit. *Leb. Wis. Technol.* 31: 602-606.

Bias correction of CORDEX-Africa regional climate model simulations for climate change projections in northeastern Lake Chad: Comparative analysis of three bias correction methods

Dingamadji Mardochee

National Water Institute, University of Abomey-Calavi, Republic of Benin
Laboratory of Applied Hydrology, University of Abomey-Calavi, Republic of Benin.
Centre d'Excellence Africain pour l'Eau et Assainissement (C2EA), University of Abomey-Calavi, Republic of Benin

Julien Adoukpe

Applied Ecology Laboratory, University of Abomey Calavi, Benin

Abderamane Hamit

Mahamat Nour Abdallah

Hydro-Geoscience and Reservoirs Laboratory,
University of N'Djamena, Benin

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n30p204](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p204)

Submitted: 17 July 2024

Accepted: 24 October 2024

Published: 31 October 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Dingamadji M., Adoukpe J., Abderamane H. & Abdallah M.N. (2024). *Bias correction of CORDEX-Africa regional climate model simulations for climate change projections in northeastern Lake Chad: Comparative analysis of three bias correction methods*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (30), 204. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n30p204>

Abstract

Climate model simulations are frequently affected by biases, which makes it difficult to incorporate them directly into analyses of the impact of climate change. It is therefore essential to use bias correction methods to minimize discrepancies between real data and that generated by Regional Climate Models (RCMs). This study aims to analyze the results of three bias correction methods (LS, MQE, and MQG) applied to the processing of mean rainfall and temperature data from CORDEX-Africa's Regional Climate Models (RCMs), specifically in the north-eastern region of Lake Chad. Four statistical measures (bias, RMSE, r^2 , and MEA) were used to assess the effectiveness of each bias correction method. In addition, adjusted Mann-

Kendall analysis and the Sen slope estimation method were applied to study trends and their magnitude over the recent (1975-2020) and future (2021-2050) periods, using a 5% significance level. The results highlight the existence of significant biases between the uncorrected RCM outputs and the observed data. After applying the bias correction, significant reductions in bias and comparable performance between the different bias correction methods were observed, with the LS method performing slightly better in correcting biases in monthly mean precipitation and temperature. Consequently, the LS method was selectively applied to correct the biases in the RCM monthly mean precipitation and temperature projections for the 2021-2050 period under the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios using the 1975-2004 reference period. The results of multi-model averaging of RCMs under the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios indicate a significant increase in mean annual temperatures over the period 2021-2050. As far as annual precipitation is concerned, only an increase is forecast under the RCP4.5 scenario. Under the RCP8.5 scenario, the absence of a precipitation trend is predominant, with the exception of the south of the zone, where an increasing trend has been observed. In light of these results, it is clear that the impact of climate change will intensify in the study area in the future. It is imperative to develop strategies to adapt and reduce the impacts in order to manage the availability of water resources efficiently.

Keywords: Bias correction, MCR, climate change projections, bias correction methods, and Northeastern Lake Chad

1. Introduction

The management of water resources in the context of climate change represents a major challenge for the scientific community over the coming decades. By analyzing the effects of climate change on the issue of global water scarcity, Gosling & Arnell (2016), noted that climate change is likely to lead to significant changes in the global hydrological cycle due to variations in climatic parameters. In sub-Saharan Africa, particularly in the Sahel region, the effects of climate change are already being felt. These impacts are affecting key areas such as water availability, agriculture, and energy. These impacts have repercussions on key sectors such as water supply, agriculture, and energy (N'Tcha M'Po et al., 2016). In its fourth report, the IPCC (2007), indicated that climate change has begun to have an impact on the frequency, intensity and duration of extreme events, such as high temperatures and large fluctuations in precipitation. General circulation models (GCMs) are the most powerful tools for predicting climate change linked to future greenhouse gas concentration scenarios, thus enabling a strategy to be implemented (Siam et al., 2013). However, Rummukainen (2016), believes that GCMs generally

have a spatial resolution greater than $100 \text{ km} \times 100 \text{ km}$, which restricts their ability to simulate climate at local or regional scales. Previous studies have also shown that GCM simulations and forecasts of the hydrological cycle are sometimes very uncertain and that the processes governing local precipitation are difficult to resolve (Siam et al., 2013; Lafon et al., 2013; N'Tcha M'Po et al., 2016; Rummukainen, 2016; Pastén-Zapata et al., 2020). It therefore appears necessary to reduce the scale in order to obtain a simulation on hydrologically relevant spatial and temporal scales. Downscaling is an increasingly common technique in hydrology for assessing the effects of climate change. According to Fowler et al. (2007), it aims to reduce the difference between low spatial resolution hydrological models and regional, catchment, or point-scale hydrological models. Regional climate models (RCMs) are used. RCMs offer a physically more realistic approach to downscaling GCMs than statistical downscaling, as they allow explicit representation of the mesoscale atmospheric processes that drive heavy precipitation (Lafon et al., 2013). These models focus on specific sub-regional areas and more accurately incorporate regional features such as topography, coastlines, and islands (Pastén-Zapata et al., 2020). Today, they have a resolution ranging from 50 km to around 1 to 5 km (Rummukainen, 2016). However, RCMs do not always accurately reproduce precipitation and temperature at all times of day. Many previous studies have highlighted the fact that the data simulated by RCMs cannot be used directly as input data without being protected against systematic errors (Christensen et al., 2007; Piani et al., 2010; Hagemann et al., 2011; Gudmundsson et al., 2012; Kaboré et al., 2015). These errors are generally caused by sources such as errors transferred from GCMs to RCMs (Ibrahim, 2012). A number of methods have been developed to minimize these errors. These are known as bias correction methods. These methods help to reduce biases in the mean, variance, or overall distribution of the simulated climate variables (Teutschbein & Seibert, 2012; Lafon et al., 2013; Maraun, 2013). In addition, given that climate change can have an impact on water resources (IPCC, 2014), in order to manage water resources in a region it is essential to carry out an in-depth study that examines long-term climate trends in order to improve the results of these actions. For the present study, the most frequently used bias correction methods, such as the linear scaling method, the empirical quantile methods (EQM) and finally the quantile methods based on the gamma distribution (QGM), were selected in order to correct the biases in the RCM simulations. The primary objective of this work is to evaluate the performance of three (03) bias correction methods for monthly mean precipitation and temperature. The second objective of this work is to analyze trends in precipitation and temperature based on observed (1975-2020) and bias-corrected data for the period 2021-2050.

2- Materials and Methods

2.1- Description of the study area

The study area, the north-east of Lake Chad, is located in the sedimentary basin of Lake Chad in the Lake Chad Province of Chad. Geographically, it lies between 12 and 14 degrees North latitude and 13 and 16 degrees East longitude (Fig. 1). It covers an area of 1,2187 km². The climate in this area is semi-arid, with two distinct seasons: the dry season lasting around 7 months, from October to April, and the rainy season covering 5 months, from May to September. Annual rainfall can reach up to 450 mm. July and August are characterized by heavier rainfall, with average temperatures ranging from 28°C to 36°C.

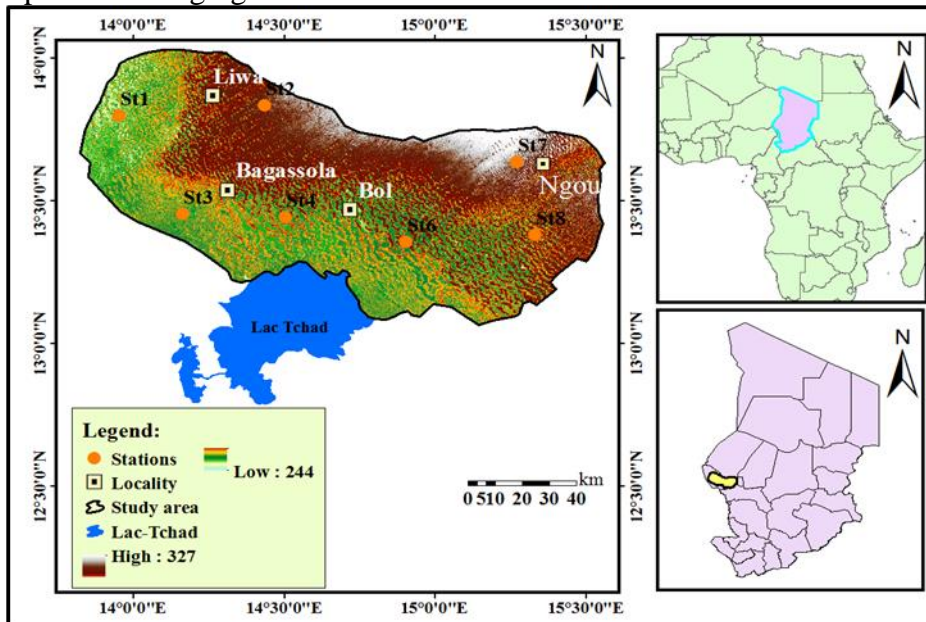


Figure 1: Location of the study area

2.2- Data

2.2.1- MCR data

In this study, daily precipitation and temperature simulated from four (04) regional climate models were used. The RCMs used are HIRHAM5, RACMO2.2T, RCA4, and CCCma-CanESM2 (Table 1). These models are available as part of the Coordinated Regional Climate Scale Experiment (CORDEX) over Africa, based on CMIP5 (Taylor et al., 2012). The set of simulations was performed with a resolution of 0.44 for the period 1950 to 2100, in the same CORDEX-Africa domain. Several previous studies have made extensive use of these methods in Central Africa, particularly in the Lake Chad basin, and the results have demonstrated reasonable performance (Akinsanola et al., 2015; Fotso-Nguemo et al., 2018; Nkiaka et

al., 2018a; Adeyeri et al., 2020; Mbienda et al., 2022). The RCM forecast scenarios used for this work are those of RCP8.5 and RCP4.5, which are available for the period 2006-2100.

Table 1: Summary of regional climate models

MCRs	Institutions/ Reference	MCGs
HIRHAM5	Darmarks Meteorologiske Instut (DMI)(Christensen et al., 2007)	ICHEC-EC-EARTH
RACMO22T	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI), Netherlands (Meijgaard et al., 2008)	ICHEC-EC-EARTH
RCA4	Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Sweden (Samuelsson et al., 2011)	MIROC-MIROC5
CanESM2	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis (Caya et al., 1995)	CCCma

2.2.2- Observed data

In this study, observed data from two observation stations (Ngouri and Bol), as supplied by the Chad National Meteorological Agency (ANAM), and from the Climatic Research Unit (CRU) are used to develop bias correction methods and compare them with the RCM results. Due to the lack of meteorological data, it was necessary to collect and analyse observation data from satellites. These data were obtained from the Climatic Research Unit (CRU), and more specifically from the latest version of CRU TS4.7 (Climatic Research Unit gridded time series) developed by Harris et al. (2020). These data, with a grid resolution of 0.05° (~5 km), have been used as a reference for observing precipitation and temperature. Various previous studies have used these data to assess the effectiveness of CMIP5 models (Rowell, 2013; GIZ, 2015; Nkiaka et al., 2018b; Mahmood et al., 2019; Taguela et al., 2020; WB, 2020; World Bank Group, 2022).

2.3- Bias correction methods

As part of this study, three (03) bias correction methods (LS, EQM and GQM) for precipitation and temperature were chosen to correct the biases from the RCMs. Using these methods, it is possible to correct the biases in the raw outputs of the RCMs selected for this project. These techniques were selected on the basis of previous research (Lenderink et al., 2007; Maraun, 2013; Hawkins et al., 2013; Ramirez-Villegas et al., 2013; Fang et al., 2015; Holthuijzen et al., 2022) which demonstrated that each of these methods can significantly reduce the biases contained in the RCM outputs.

2.3.1- Scaling method(LS)

This approach makes it possible to establish a precise correlation between the monthly mean of the corrected values and the observed values

(Lenderink et al., 2007). It works with monthly correction values that are based on the differences between observed data and raw data simulated by climate models (Fang et al., 2015). There are several formulations for this linear scaling method (Lenderink et al., 2007; Fang et al., 2015). The formulation used in this work is by Fang et al., (2015). According to these authors, precipitation is generally corrected with a multiplier factor and temperature with an additive term on a monthly basis:

$$\begin{aligned}
 P_{cor,m,d} &= P_{raw,m,d} \times \frac{\mu(P_{obs,m})}{\mu(P_{raw,m})}, \\
 T_{cor,m,d} &= T_{raw,m,d} + \mu(T_{obs,m}) - \mu(T_{raw,m})
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

The variables $P_{cor, m, d}$ and $T_{cor,m, d}$ refer respectively to the corrected precipitation and temperature for the d th day of the same month, while $P_{raw, m, d}$ and $T_{raw, m, d}$ refer to the raw precipitation and temperature for the same day of the same month. The expectation operator, denoted $\mu(\cdot)$, is used to represent the average rainfall observed in a given month m , for example $\mu(P_{obs, m})$.

2.3.2- Empirical quantile methods (EQM)

One of the commonly used tools for bias correction of RCM simulations is empirical quantile mapping (EQM), which maps simulated to observed cumulative distribution functions (CDFs), which are empirically constructed based on data from a historical period (Byun & Hamlet, 2019). According to Déqué et al.(2007), the quantile-quantile bias correction method involves comparing the observed quantiles with the simulated quantiles during the reference period in order to establish equality. It uses the empirical distributions of the data series (precipitation and temperature) observed and simulated by the RCMs to correct the biases of these projections, hence the name of the procedure (N'tcha M'Po et al.,2016). MQE is one of the most frequently used and effective methods for bias correction(Holthuijzen et al., 2022). Several researchers (Boé et al., 2007 ; Gudmundsson et al., 2012 ; N'Tcha M'po et al.,2016; Byun & Hamlet, 2019 ; Song et al., 2021; Holthuijzen et al., 2022) have used this method to apply bias corrections to the different variables simulated by RCMs. The classical formulation is given by the following equation:

$$y = F_{obs}^{-1}(F_{mod}(x))
 \tag{2}$$

Where x and y denote respectively the value to be corrected and the corrected value, while F_{obs} and F_{mod} represent respectively the distributions of the values observed and simulated by the climate model

2.3.3- Gamma distribution quantile method (GQM)

This method is only applicable to precipitation (Piani et al., 2010). In general, the non-parametric bias correction method is used for all possible precipitation distributions, without making any assumptions about the actual precipitation distribution (Fang et al., 2015). It is known that this method can improve the bias correction simulated by RCMs. The theoretical distribution is used rather than the empirical distribution. The two-parameter gamma distribution is used to describe daily precipitation (Vlček & Huth, 2009). The theoretical distribution is used rather than the empirical distribution. It also has the ability to remove some extreme values caused by errors, while preserving the limiting value. The equation that gives its probability density function $f(x)$ is as follows:

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right)}{\Gamma(\alpha)\beta} \quad (3)$$

Where α and β are shape and scale parameters, respectively, and $\Gamma(\gamma)$ is the Gamma function. Several authors (Vlček & Huth, 2009; Piani et al., 2010a; Wilcke et al., 2013) have had to revisit this approach in their work.

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right)}{\Gamma(\alpha)\beta} \quad (4)$$

Where α and β are shape and scale parameters, respectively, and $\Gamma(\gamma)$ is the Gamma function. Several authors (Vlček & Huth, 2009; Piani *et al.*, 2010a; Wilcke *et al.*, 2013) have had to revisit this approach in their work.

2.4- Evaluation of the performance of bias correction methods

For this study, four criteria were used to evaluate the performance of the bias correction methods (Fig. 2). The mean absolute error (MAE), the root mean square error (RMSE), the correlation coefficient (r^2), and the percentage bias (Pbias). The criteria for evaluating bias correction techniques and climate models are selected based on various studies (Moriasi et al., 2007; Fang et al., 2015; Hamed et al., 2021; Hanchane et al., 2023), that have demonstrated the importance of these statistical criteria for evaluating model performance.

$$P_{BIAS} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs})} \tag{5}$$

$$EAM = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |X_i - Y_i| \tag{6}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (E_i - O_i)^2} \tag{7}$$

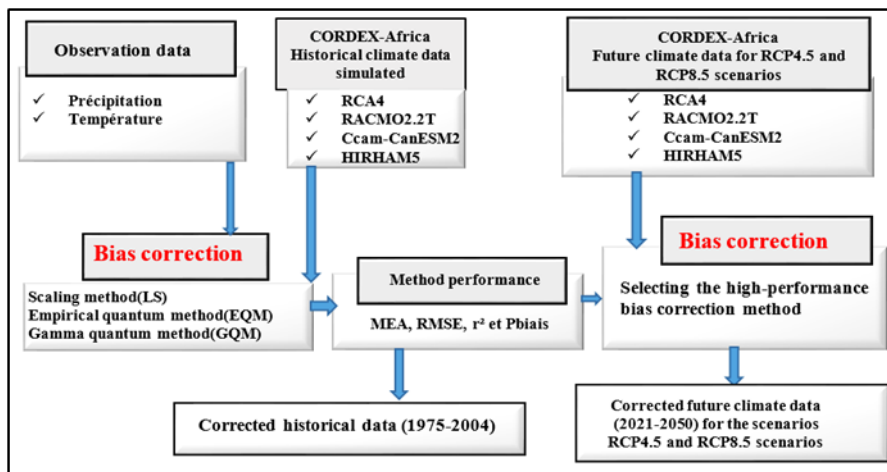


Figure 2: Framework for correcting biases in climate model data

2.5- Modified Mann-Kendall and Mann-Kendall test

2.5.1- Modified Mann-Kendall and Mann-Kendall test

The Mann-Kendall test is a rank-based statistical test frequently used to analyse trends in climate data (Mavromatis & Stathis, 2011). The aim of this test is to statistically evaluate whether or not there is a monotonic trend towards an increase or decrease in the variable studied over time. (Souleymane et al., 2019). Not only does it have the advantage of being less sensitive to outliers and missing values, but it also does not require a normally distributed data set, which is common in hydroclimatic data (Ahmad et al., 2015; Yazid & Humphries, 2015). Many studies have used this test in different regions of the globe to quantify the significance of trends in hydrometeorological time series (Bayazit & Önöz, 2007; Gocic & Trajkovic, 2013 ; Nkiaka et al., 2017) and have shown that the non-parametric Mann-Kendall test is more powerful than some parametric tests, especially when dealing with asymmetric data. The Mann-Kendal test is based on two assumptions. The assumption (H0) is that there is no trend in the data, while

the alternative assumption (H1) suggests that there has been a monotonically increasing or decreasing (rising or falling) trend over time (Agbo et al., 2021). The Mann-Kendall S statistic is calculated from the following equation:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n Sgn(X_j - X_i) \tag{8}$$

Where the function Sgn is defined by $Sgn(X) = 1$ for $X > 0$; $Sgn(X) = 0$ for $X = 0$ and $Sgn(X) = -1$ for $X < 0$. X_j and X_k are sequential data values for the time series data of length n.

The Z statistic is calculated as follows:

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{if } S < 0. \end{cases} \tag{9}$$

According to Neha (2012), time series analysis first requires trends to be tested by taking into account autocorrelation or serial correlation, which is the correlation of a variable with itself over successive time intervals. According to the same author, autocorrelation increases the chances of detecting significant trends, even if they are neglected, and vice versa. It is from this point of view that Hamed & Rao (1998) proposed a modified Mann-Kendall test that calculates the autocorrelation between ranks after removing the apparent trend. Unlike the original Mann-Kendall test, the modified Mann-Kendall test offers the advantage of reducing the impact of correlation between series by taking into account the dependence between series by including a covariance term in the calculation of the variance of the MK test. The adjusted variance is determined by the following equation:

$$V[S] = \frac{1}{18} [N(N - 1)(2N + 5)] \frac{1N}{NS^*} \tag{10}$$

Where $\frac{1N}{NS^*} = 1 + \frac{2}{N(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^{\rho} (N - i)(N - i - 1)(N - i - 2)\rho_s(i)$

With N representing the observation size of the sample, NS^* represents the effective number of observations to take into account the autocorrelation in the data, $\rho_s(i)$ represents the autocorrelation between the ranks of the observations for lag i, and ρ represents the maximum lag considered (Sinha & Cherkauer (2008)). For the present work, the "mkmodified" package developed in the R language was downloaded free of charge and used to

determine trends in precipitation and temperature (minimum and maximum) at annual and seasonal time steps for the recent (1975-2020) and future (2021-2099) periods.

3- Results and Discussion

3.1- Results

3.1.1- Evaluation of bias correction methods

3.1.1.1-Bias correction for average monthly rainfall simulated by RCMs

The results of the mean monthly precipitation simulated by these RCMs in the raw state and corrected state in comparison with observed data are shown in Figures 3-6. The comparison reveals both an underestimation and an overestimation of the raw monthly mean precipitation for various months across the entire study area. Nevertheless, once the three bias correction methods have been applied to adequately reduce the discrepancies between the observed and simulated raw data, the results reveal overall close agreement between the corrected and observed data, as highlighted in the graphs. Furthermore, the level of agreement between observed and corrected precipitation data varies from one locality to another, from one bias correction method to another, and also from one model to another. It is clear that these methods can be used to correct biases in future precipitation.

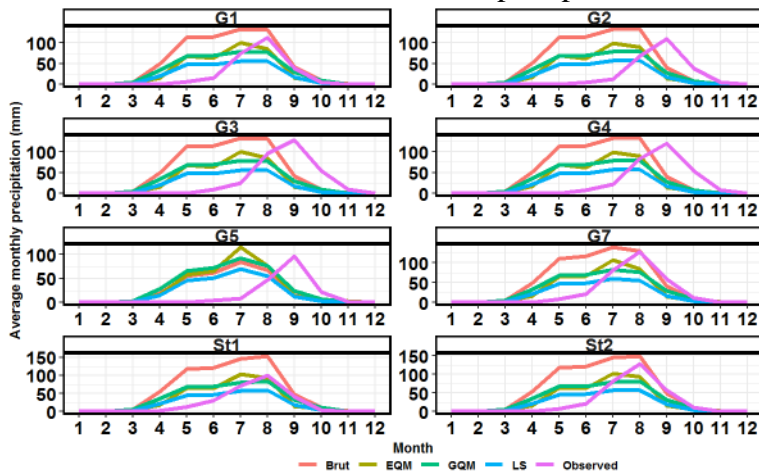


Figure 3: Comparison of average monthly precipitation observed, simulated by the CanESM2 model and corrected by the bias correction methods

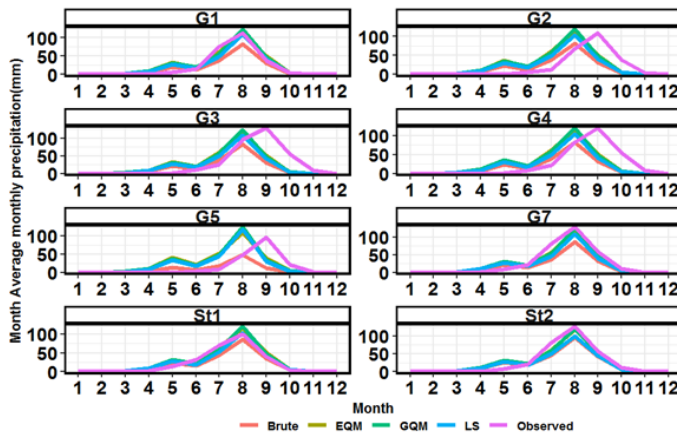


Figure 4: Comparison of average monthly precipitation observed, simulated by the HIRHAM5 model and corrected by the bias correction methods

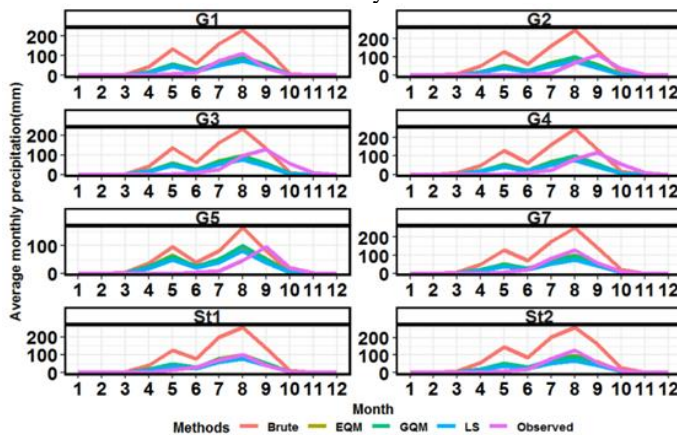


Figure 5: Comparison of average monthly precipitation observed, simulated by the RACMO2.2T model and corrected by the bias correction methods

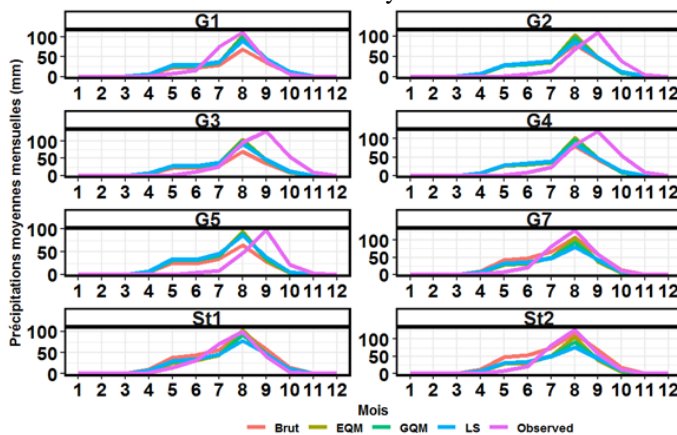


Figure 6: Comparison of average monthly precipitation observed, simulated by the RCA4 model and corrected by the bias correction methods

3.1.1.2- Correcting for bias in mean monthly temperatures simulated by RCMs

Figures 7-10 summarize the observed, simulated, and simulated temperatures corrected by the LS method and the RMSE. Comparing the observed temperature data with the raw simulated temperature data, there is a shift in the curves, which shows an overall overestimation of temperatures. This shift is explained by an underestimation and overestimation of the temperature outputs simulated by the RCMs. This requires the biases in the temperatures simulated by the RCMs to be corrected using bias correction methods. After bias correction, the graphs showing the observed and simulated monthly mean temperature curves corrected by the bias correction methods are in agreement. The two methods used to correct the biases significantly reduced the differences between the observed and simulated data for all four RCMs used in this study. The graphs show good agreement between the curves of the two methods and the observed data.

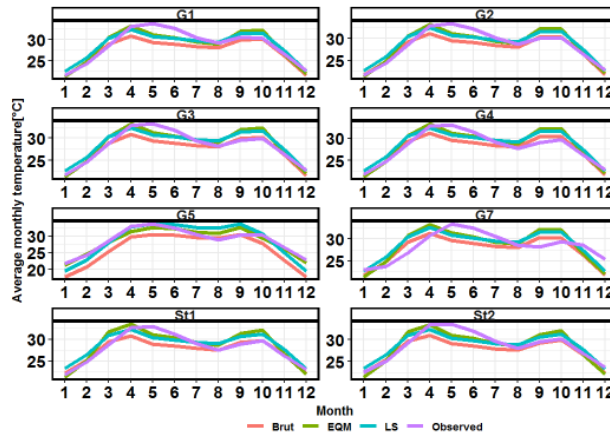


Figure 7: Comparison of average monthly temperatures observed, simulated by the CanESM2 model and corrected by bias correction methods

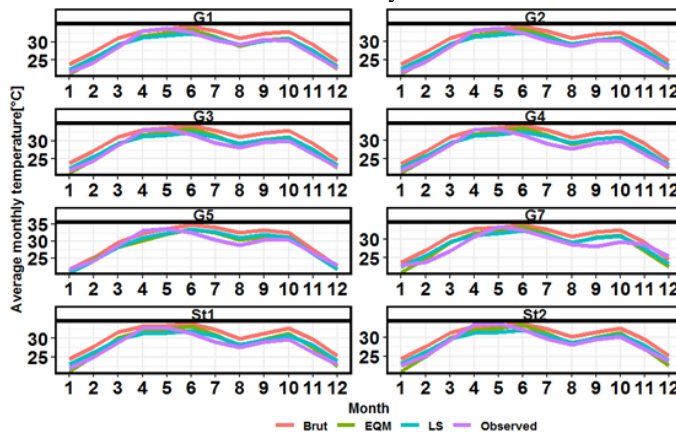


Figure 8: Comparison of average monthly temperatures observed, simulated by the HIRHAM5 model and corrected by bias correction methods.

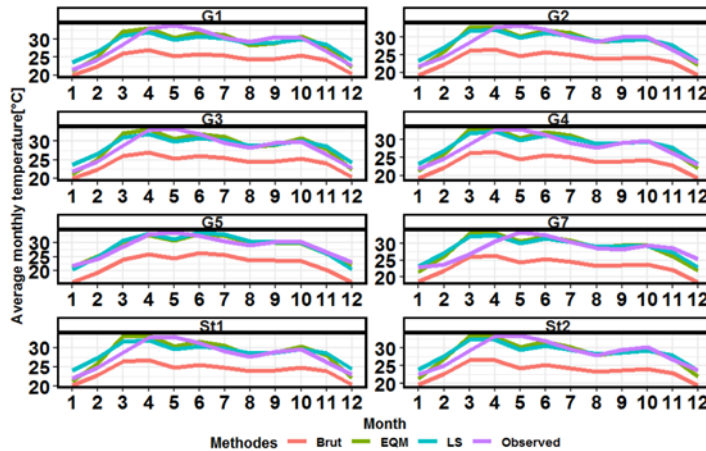


Figure 9: Comparison of average monthly temperatures observed, simulated by the RACMO2.2T model and corrected by bias correction methods

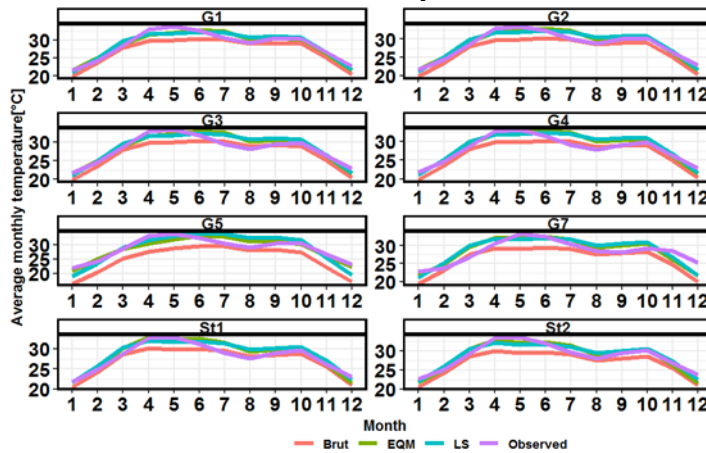


Figure 10: Comparison of average monthly temperatures observed, simulated by the RCA4 model and corrected by bias correction methods

3.1.2 Evaluation of the performance of bias correction methods.

After evaluating the performance of the three bias correction methods used to correct the biases in the RCM outputs, four statistical measures (MEA, RMSE, r^2 , and P_{bias}) were implemented to assess their performance. A significant difference was found between the raw simulated results and the results corrected for precipitation and temperature throughout the study area. The overestimation and underestimation of precipitation and temperature simulated by the RCMs were significantly well adjusted by the three bias correction methods used. All the bias correction methods applied improved the raw precipitation and temperatures simulated by the RCMs, although disparities remained in their corrected statistics. For precipitation, the values of the statistical parameters corresponding to each method and model are

shown in the table. The results of the study indicate that all three bias correction methods are effective in correcting the monthly mean precipitation simulated by RCMs. When comparing the values of the statistical rainfall measurements corrected by the different bias correction methods, the LS method performs better than the GQM and EQM methods. The values of the RMSE error, the MEA, and the precipitation Pbias corrected by the LS method are lower than those obtained by the GQM and EQM methods, thus demonstrating the effectiveness of this approach. In addition, the correlation coefficient values obtained from the LS method are relatively higher (greater than 0.5) than those obtained from the GQM and EQM methods. This shows a good correlation between precipitation corrected by the LS method and observed precipitation. At most of the observation sites, the LS method was found to be more effective at correcting biases than the other two methods, as shown in figures 3-10. It should be noted that the LS method was found to be more effective at correcting biases in RCM-simulated precipitation than the other two methods. Given that RMSE and MEA are two performance indicators for evaluating bias-sensitive bias correction methods (N'Tcha M'Po et al., 2016), this indicates that the linear scaling method corrects precipitation biases better than the EQM and GQM methods. Overall, the bias correction methods show acceptable performance (LS method), with the correlation coefficient (r^2) and mean absolute error (MAE) showing satisfactory values (Table II). The linear scaling and empirical quantile methods show very good correlation agreement with the observed data. However, the linear scaling method is more effective in correcting for biases in monthly mean temperatures, providing very low values for metrics such as the Pbias, which is between 0.987 and 1%. RMSE values range from 0.987 to 1 mm and r^2 values from 0.645 to 0.746. Taking into account the calculations of Pbias, r^2 , MEA, and RMSE, it is clear that the linear scaling method offers better results for correcting biases than the empirical method, both for precipitation and corrected mean temperatures.

Table 2: Comparison of different methods for correcting bias in statistical measures of performance

		MEA	RMSE	Pbias	r^2
Monthly precipitation					
RCA4	Brute	18,60	36,87	-2,72	0,57
	LS	17,98	33,11	15,23	0,61
	GQM	18,39	34,99	-1,42	0,58
	EQM	17,95	36,38	-16,63	0,57
HIRHAM5	Brute	20,36	38,95	-28,91	0,57
	LS	19,53	36,99	10,41	0,71
	GQM	20,79	35,31	10,31	0,55
	EQM	21,88	37,29	-3,52	0,56
RACMO2.2T	Brute	24,04	44,32	193,86	0,50
	LS	20,64	37,11	12,14	0,63
	GQM	23,14	40,66	24,13	0,52

	EQM	23,01	40,64	23,62	0,51
CanCM4	Brute	32,46	59,50	111,23	0,39
	LS	23,30	38,09	13,42	0,67
	GQM	27,32	41,40	22,08	0,40
	EQM	28,70	46,74	23,72	0,43
Average monthly temperature					
RCA4	Brute	2,18	2,67	-6,25	0,86
	LS	1,72	2,11	0,82	0,86
	EQM	1,71	2,37	1,13	0,83
HIRHAM5	Brute	2,26	2,72	6,68	0,86
	LS	1,55	1,93	0,58	0,86
	EQM	1,72	1,935	1,12	0,82
RACMO2.2T	Brute	4,83	5,36	-16,85	0,76
	LS	1,97	2,47	0,72	0,76
	EQM	2,15	2,85	1,11	0,70
CanESM2	Brute	1,97	2,41	-3,85	0,82
	LS	1,76	2,19	0,78	0,82
	EQM	1,87	2,53	0,70	0,80

3.2- Analysis of observed and simulated precipitation and temperature trends

3.2.1- Analysis of precipitation trends

The modified Mann-Kendall test and the Sen slope estimator were applied to detect trends at the annual time step in the precipitation series of the observations and CRU data over the recent period 1975-2020 and of a multi-model ensemble of 4 RCMs of the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios for the future period 2021-2050. The results of all the analyses carried out at the 95% confidence level ($\alpha = 0.05$) are shown in Table 3. The results of the analyses revealed statistically significant upward trends in annual precipitation observed at the level of the CRU grids (G1, G2, G3, G4, and G6). However, no trend was detected at the stations (St1 and St2) in the G5 grid. The magnitude (Sen slope) varies from 0.423 to 5.540. For simulated mean annual precipitation corrected by the linear scaling method, the multi-model mean analysis of the RCP4.5 scenario predicts a statistically significant upward trend in simulated annual precipitation over the entire study area. The magnitudes of Sen's predicted slope estimator are in the range 1.472 to 2.252. Under the pessimistic RCP8.5 scenarios, the absence of a trend is observed in almost the entire study area except at grid6 level (to the south), where a statistically significant upward trend in annual precipitation is observed with a magnitude ranging from 0.164 to 1.184.

Table 3: Results of modified Mann-Kendall trend tests and Sen slope for observed and bias-corrected annual precipitation time series from RCMs at the 5% significance level

Grille /station	Z-original	P-valu	New-P-valu	Z-corrected	Pente Sen	
CRU	G1	3,484	0,000	0,001	2,694	3,484
	G2	3,294	0,000	0,002	5,540	3,294
	G3	3,427	0,000	0,000	1,194	3,427
	G4	2,859	0,001	0,001	2,941	2,859
	G5	2,745	0,062	0,050	0,423	2,745
	St1	0,662	0,507	0,444	0,742	0,662
	G6	3,313	0,000	0,000	2,941	3,313
	St2	0,795	0,426	0,426	0,781	0,795
RCP4.5	G1	2,854	0,004	0,004	2,854	2,252
	G2	2,176	0,029	0,029	2,176	1,535
	G3	1,998	0,045	0,045	1,998	1,712
	G4	1,926	0,054	0,054	2,872	1,736
	G5	1,748	0,004	0,004	2,105	1,624
	St1	2,105	0,003	0,035	4,507	1,472
	G6	1,926	0,054	0,000	3,905	1,725
	St2	2,176	0,029	0,000	1,759	1,759
RCP8.5	G1	0,214	0,830	0,214	0,830	0,758
	G2	0,499	0,483	0,483	0,628	0,293
	G3	0,249	0,802	0,249	0,802	0,164
	G4	0,606	0,544	0,606	0,544	0,322
	G5	0,142	0,886	0,142	0,886	0,448
	St1	0,677	0,497	0,677	0,497	1,184
	G6	0,285	0,775	0,285	0,775	0,453
	St2	0,249	0,802	0,279	0,779	0,930

3.2.2- Analysis of average annual temperature trends

The observed data for mean annual temperatures and the multi-model mean of the Regional Climate Models (RCMs) under the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios were subjected to an analysis similar to that for precipitation, using the modified Mann-Kendall test with a 95% confidence level to identify trends and assess Sen's slopes. Examination of the observation data and the Climatic Research Unit (CRU) data reveals, at a significance level of 5%, an upward trend in mean annual temperatures, as presented in table 4. The magnitudes of the significant upward trends range from 0.016°C/year to 0.021°C/year. In contrast to the simulated annual precipitation, the RCM averages under the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios show statistically significant upward trends in mean annual temperatures over the entire study area. The amplitudes of the trends predicted under the RCP4.5 scenario range from 0.034°C/year to 0.037°C/year. Under the RCP8.5 scenarios, the amplitude variations range from 0.044°C/year to 0.04°C/year.

Discussion

Wilcke et al.(2013), defined bias as the long-term average difference between model and observation. This bias is mostly caused by sources such as errors transmitted by GCMs to RCMs, internal climate variations, and downscaling tools and methods(Fowler et al., 2007; Ibrahim, 2012; Phuong et al., 2020). Several bias correction methods have been developed by a number of scientists (Piani et al., 2010a; Piani et al., 2010b; Themeßl et al., 2012; Fang et al., 2015). For this study, three bias correction techniques (LS, EQM, and GQM) were used to correct the biases simulated by the RCMs during the monthly evaluations. After evaluating the performance of the methods mentioned, it was found that the EQM and GQM methods had difficulty in correcting the biases more effectively than the linear scaling method. It is possible that these problems are linked to the distribution of climatic variables (precipitation and temperature) but also to the weather Adeyeri et al.(2020), have made similar observations. This observation has been made by certain authors (Piani et al., 2010a; Gudmundsson et al., 2012; Maraun, 2013; Ezéchiél et al., 2016; N'Tcha M'Po et al., 2016). These authors argue that bias correction methods encounter obstacles due to the variability of precipitation, the assumption of bias stationarity, or the fact that this assumption is not verified in arid to semi-arid zones. Precipitation corrected by the EQM and GQM methods shows a large discrepancy with observed precipitation. This discrepancy is attributable to the inability of these methods to successfully correct for variations in precipitation as a function of monthly time. The LS method was more successful in correcting the biases for both precipitation and temperature, as the results show. The results of this method indicate that certain evaluation criteria are generally weak (RMSE, MEA, and Pbiais) and strong (r^2), demonstrating good performance of the LS method. By comparing seven (07) bias correction techniques in the Mekrou catchment area, it was reported that the linear scaling method performed better in reducing biases in monthly precipitation, while other methods (such as QGM) rather have a negative impact on the quality of monthly precipitation. In short, the linear scaling method was able to correct the biases simulated by the RCMs more effectively than the other two methods, even though there were some overestimates of precipitation, which seems unavoidable since, according to the authors, there is a tendency to overestimate precipitation Pastén-Zapata et al.(2020), no bias correction method can totally eliminate bias. According to Nguyen et al. (2017), the choice of bias correction methods depends on the specific needs of each study. Trend analysis using the modified Mann-Kendall test for both observational and CRU data showed overall positive upward trends in annual mean precipitation and temperature. These upward trends in precipitation and temperature are closely correlated with the work of Mahmood et al. (2019), in the Lake Chad basin, which revealed a trend

towards a gradual increase in rainfall after the 1980s and high temperatures since the drought periods (1973 and 1985). The multi-model approach under the RCP4.5 scenario predicts a statistically significant increase in annual rainfall over the 2021-2050 period in almost the entire study area. The increase in precipitation over this period was also predicted by the RCP8.5 scenarios, although the absence of a trend dominates. These trends in future annual rainfall increase are consistent with the predictions of Adeyeri et al. (2020), who predict an increase in rainfall in the Komadugu-Yobe transboundary river (Lake Chad basin) over the period 2020-2050. The prevalence of rainfall in this study is consistent with research by Hartley et al.(2015), who estimated a 20-50% increase in rainfall between 2020 and 2049 in this region. Furthermore, these forecasts are consistent with the IPCC report (2014), which predicts significant increases in rainfall over the 21st century in the Sahelian zone. As for future mean annual temperatures, the trend analysis showed that the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios agree in confirming strong statistically significant trends over the entire study area. Strong upward trends in future temperatures have also been confirmed by several studies carried out in Central Africa, particularly in the Lake Chad basin (Taylor et al., 2012; GIZ, 2015; Akinsanola et al., 2015; Fotso-Nguemo et al., 2017, 2018; Nkiaka et al., 2018b; Mahmood et al., 2019; Taguela et al., 2020; Centre du climat, 2022; Fita et al., 2024). Although it is difficult to make real predictions about rainfall, as indicated by the IPCC (2014), the high temperatures and slight increases in precipitation predicted are already being felt in the study area through disasters such as floods and droughts. These phenomena could lead to poor agricultural yields, poor water quality, the disappearance of certain animal species (kouri cattle), the increasing advance of the desert, and the disappearance of arable land. It is therefore suggested that decision-makers and programs adopt global approaches to encourage adaptation to climate change, which is already evident in the semi-arid study area.

Table 4: Results of the modified Mann-Kendall trend tests and Sen's slope for the time series of mean annual temperatures observed and corrected for RCM bias at the 5% significance level

		Average annual temperature(°C)				
		Z-original	P-value	Z-corrected	New-P-valu	Pente
Observed (CRU)	G1	4,450	0,006	3,663	0,003	0,032
	G2	3,825	0,001	3,490	0,000	0,026
	G3	3,591	0,000	4,275	0,000	0,020
	G4	3,739	0,000	3,213	0,001	2,941
	G5	2,313	0,002	2,214	0,007	0,018
	St1	4,351	0,003	3,611	0,003	0,291
	G6	3,270	0,001	4,373	0,000	0,023
	St2	4,506	0,000	3,688	0,000	0,028
	G1	3,425	0,006	5,861	0,000	0,038
	G2	3,354	0,007	3,354	0,007	0,033

RCP4.5	G3	3,318	0,009	4,129	0,003	0,038
	G4	3,389	0,006	1,629	0,000	0,033
	G5	3,782	0,001	4,221	0,000	0,031
	St1	3,603	0,003	9,516	0,001	0,038
	G6	3,568	0,003	1,867	0,000	0,035
	St2	3,175	0,001	3,316	0,001	0,039
RCP8.5	G1	3,889	0,001	3,889	0,001	0,054
	G2	3,461	0,005	3,461	0,005	0,042
	G3	3,782	0,001	3,782	0,001	0,052
	G4	4,103	0,004	7,808	0,004	0,042
	G5	3,889	0,001	3,889	0,001	0,503
	St1	3,817	0,001	3,817	0,001	0,049
	G6	3,496	0,004	3,926	0,008	0,040
	St2	3,568	0,003	3,568	0,003	0,039

G1, G2,...G6 = grid; St1 and St2 = station

Conclusion

The aim of this work is to evaluate the performance of three bias correction methods in correcting the monthly mean rainfall and temperature simulated by RCMs in northeastern Lake Chad. A number of statistical measures (Pbiais, RMSE, r2, and MEA) were used to evaluate the performance of the bias correction methods. The results showed that the linear scaling method outperformed the other bias correction methods. Trend analysis using the modified Mann-Kendall test for CRU observation data and data simulated by the RCM multi-model approach under the RCP4.5 scenario showed overall upward trends in recent and future mean annual precipitation and temperature over the entire study area. On the other hand, the RCP8.5 scenarios are dominated by a lack of trend in recent and future precipitation on the one hand and an increase in recent and future annual temperature (2021-2050) on the other.

Acknowledgment

The authors express their gratitude to the Government of Benin, the World Bank, and the Agence Française de Développement (AFD) for their financial support for the project of the Centre d'Excellence d'Afrique pour l'eau et l'assainissement (C2EA) of the Institut National de l'Eau (INE), which enabled this study to be carried out. In addition, thanks are extended to the Agence Nationale de la Météorologie du Tchad for providing the meteorological data used in this work and to the anonymous reviewers.

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

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

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

References:

1. Adeyeri, O. E., Laux, P., Lawin, A. E., & Oyekan, K. S. A. (2020). Multiple bias-correction of dynamically downscaled CMIP5 climate models temperature projection: A case study of the transboundary Komadugu-Yobe river basin, Lake Chad region, West Africa. *SN Applied Sciences*, 2(7), 1221. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-3009-4>
2. Agbo, E. P., Ekpo, C. M., & Edet, C. O. (2021). Analysis of the effects of meteorological parameters on radio refractivity, equivalent potential temperature and field strength via Mann-Kendall test. *Theoretical and Applied Climatology*, 143(3-4), 1437-1456. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03464-1>
3. Ahmad, I., Tang, D., Wang, T., Wang, M., & Wagan, B. (2015). Precipitation Trends over Time Using Mann-Kendall and Spearman's rho Tests in Swat River Basin, Pakistan. *Advances in Meteorology*, 2015, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2015/431860>
4. Akinsanola, A. A., Ogunjobi, K. O., Gbode, I. E., & Ajayi, V. O. (2015). Assessing the Capabilities of Three Regional Climate Models over CORDEX Africa in Simulating West African Summer Monsoon Precipitation. *Advances in Meteorology*, 2015, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2015/935431>
5. Bayazit, M., & Önöz, B. (2007). To prewhiten or not to prewhiten in trend analysis? *Hydrological Sciences Journal*, 52(4), 611-624. <https://doi.org/10.1623/hysj.52.4.611>
6. Boé, J., Terray, L., Habets, F., & Martin, E. (2007). Statistical and dynamical downscaling of the Seine basin climate for hydro-meteorological studies. *International Journal of Climatology*, 27(12), 1643-1655. <https://doi.org/10.1002/joc.1602>
7. Byun, K., & Hamlet, A. F. (2019). An improved empirical quantile mapping procedure for bias correction of climate change projections. *In AGU Fall Meeting Abstracts (Vol. 2019, pp. GC31L-1369).*, GC31L-1369).
8. Caya, D., Laprise, R., Giguère, M., Blanchet, J. P., Stocks, B. J., Boergeron, G. J., Boer, G. J., & Mcfarlane, N. A. (1995). Description of the Canadian regional climate model. *Water, Air and Soil Pollution*, 82, 477-482.
9. Centre du climat. (2022). Fiche d'information Climat.
10. Christensen, B., Martin, D., & Jens, H. C. (2007). The HIRHAM Regional Climate Model. Version 5 (beta) (Technical Report 06-17). Danish Climate Centre, DMI. <http://www.dmi.dk/dmi/tr06-17>

11. Déqué, M., Rowell, D. P., Lüthi, D., Giorgi, F., Christensen, J. H., Rockel, B., Jacob, D., Kjellström, E., De Castro, M., & Van Den Hurk, B. (2007). An intercomparison of regional climate simulations for Europe: Assessing uncertainties in model projections. *Climatic Change*, 81(S1), 53-70. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9228-x>
12. Ezéchiél, O., Eric, A. A., Josué, Z. E., Eliézer, B. I., & Amédée, C. (2016). Comparative study of seven bias correction methods applied to three Regional Climate Models in Mekrou catchment (Benin, West Africa). *International Journal of Current Engineering and Technology*, 6(5), 1831-1840.
13. Fang, G. H., Yang, J., Chen, Y. N., & Zammit, C. (2015). Comparing bias correction methods in downscaling meteorological variables for a hydrologic impact study in an arid area in China. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19(6), 2547-2559. <https://doi.org/10.5194/hess-19-2547-2015>
14. Fita, E. D., Ombolo, A., Fotso-Nguemo, T. C., Saïdou, D. B., Daïka, A., Chouto, S., & Mbele, F. A. (2024). Analysing the Potential Impact of Climate Change on the Hydrological Regime of the Upper Benue River Basin (North Cameroon). *Journal of Water Resource and Protection*, 16(08), 569-583. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2024.168032>
15. Fotso-Nguemo, T. C., Chamani, R., Yepdo, Z. D., Sonkoué, D., Matsaguim, C. N., Vondou, D. A., & Tanessong, R. S. (2018). Projected trends of extreme rainfall events from CMIP5 models over Central Africa. *Atmospheric Science Letters*, 19(2), e803. <https://doi.org/10.1002/asl.803>
16. Fotso-Nguemo, T. C., Chamani, R., Yepdo, Z. D., Sonkoué, D., Matsaguim, C. N., Vondou, D. A., & Tanessong, R. S. (2018). Projected trends of extreme rainfall events from CMIP5 models over Central Africa. *Atmospheric Science Letters*, 19(2), e803. <https://doi.org/c>
17. Fotso-Nguemo, T. C., Vondou, D. A., Pokam, W. M., Djomou, Z. Y., Diallo, I., Haensler, A., Tchotchou, L. A. D., Kamsu-Tamo, P. H., Gaye, A. T., & Tchawoua, C. (2017). On the added value of the regional climate model REMO in the assessment of climate change signal over Central Africa. *Climate Dynamics*, 49(11-12), 3813-3838. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3547-7>
18. Fowler, H. J., Kilsby, C. G., & Stunell, J. (2007). Modelling the impacts of projected future climate change on water resources in north-west England. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(3), 1115-1126. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1115-2007>

19. GIZ. (2015). Adaptation to Climate Change in the Lake Chad Basin climate change study (p. 38).
20. Gocic, M., & Trajkovic, S. (2013). Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*, *100*, 172-182. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.10.014>
21. Gosling, S. N., & Arnell, N. W. (2016). A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. *Climatic Change*, *134*(3), 371-385. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0853-x>
22. Gudmundsson, L., Bremnes, J. B., Haugen, J. E., & Engen-Skaugen, T. (2012). Technical Note : Downscaling RCM precipitation to the station scale using statistical transformations – a comparison of methods. *Hydrology and Earth System Sciences*, *16*(9), 3383-3390. <https://doi.org/10.5194/hess-16-3383-2012>
23. Hagemann, S., Chen, C., Haerter, J. O., Heinke, J., Gerten, D., & Piani, C. (2011). Impact of a Statistical Bias Correction on the Projected Hydrological Changes Obtained from Three GCMs and Two Hydrology Models. *Journal of Hydrometeorology*, *12*(4), 556-578. <https://doi.org/10.1175/2011JHM1336.1>
24. Hamed, K. H., & Rao, R. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, *204*(1-4), 182-196. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00125-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00125-X)
25. Hamed, M. M., Nashwan, M. S., & Shahid, S. (2021). Performance evaluation of reanalysis precipitation products in Egypt using fuzzy entropy time series similarity analysis. *International Journal of Climatology*, *41*(11), 5431-5446. <https://doi.org/10.1002/joc.7286>
26. Hanchane, M., Kessabi, R., Krakauer, N. Y., Sadiki, A., El Kassoui, J., & Aboubi, I. (2023). Performance Evaluation of TerraClimate Monthly Rainfall Data after Bias Correction in the Fes-Meknes Region (Morocco). *Climate*, *11*(6), 120. <https://doi.org/10.3390/cli11060120>
27. Hartley, A., Jones, R., & Janes, T. (2015). *Fiche d'information sur le changement climatique et les services écosystémiques : Tchad* [Technical report.]. UNEP-WCMC.
28. Hawkins, E., Osborne, T. M., Ho, C. K., & Challinor, A. J. (2013). Calibration and bias correction of climate projections for crop modelling: An idealised case study over Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, *170*, 19-31. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.04.007>
29. Holthuijzen, M., Beckage, B., Clemens, P. J., Higdon, D., & Winter, J. M. (2022). Robust bias-correction of precipitation extremes using a novel hybrid empirical quantile-mapping method: Advantages of a

- linear correction for extremes. *Theoretical and Applied Climatology*, 149(1-2), 863-882. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04035-2>
30. Ibrahim, B. (2012). Caractérisation des saisons de pluies au Burkina Faso dans un contexte de changement climatique et évaluation des impacts hydrologiques sur le bassin du Nakanbé. Université Pierre Et Marie Curie.
 31. IPCC. (2007). Climate Change 2007 : The Physical Science Basis (p. 19).
https://www.slvwd.com/sites/g/files/vyhlf1176/f/uploads/item_10b_4.pdf
 32. IPCC. (2014). Changements climatiques 2014 : Rapport de synthèse : Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.
 33. Kaboré, B. P. E., Nikiema, M., Ibrahim, B., & Helmschrot, J. (2015). Merging historical data records with MPI-ESM-LR, CanESM2, AFR MPI and AFR 44 scenarios to assess long-term climate trends for the Massili Basin in central Burkina Faso. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 5(3), 1846-1852.
 34. Lafon, T., Dadson, S., Buys, G., & Prudhomme, C. (2013). Bias correction of daily precipitation simulated by a regional climate model: A comparison of methods. *International Journal of Climatology*, 33(6), 1367-1381. <https://doi.org/10.1002/joc.3518>
 35. Lenderink, G., Buishand, A., & Van Deursen, W. (2007). Estimates of future discharges of the river Rhine using two scenario methodologies: Direct versus delta approach. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(3), 1145-1159. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1145-2007>
 36. Mahmood, R., Jia, S., & Zhu, W. (2019). Analysis of climate variability, trends, and prediction in the most active parts of the Lake Chad basin, Africa. *Scientific Reports*, 9(1), 6317. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42811-9>
 37. Maraun, D. (2013). Bias Correction, Quantile Mapping, and Downscaling: Revisiting the Inflation Issue. *Journal of Climate*, 26(6), 2137-2143. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00821.1>
 38. Mavromatis, T., & Stathis, D. (2011). Response of the water balance in Greece to temperature and precipitation trends. *Theoretical and Applied Climatology*, 104(1-2), 13-24. <https://doi.org/10.1007/s00704-010-0320-9>
 39. Mbienda, K. A. J., Guenang, G. M., Kaissassou, S., Tanessong, R. S., Choumbou, P. C., & Giorgi, F. (2022). Enhancement of RegCM4.7-CLM precipitation and temperature by improved bias correction

- methods over Central Africa. *Meteorological Applications*, 30, 4854-2995. <https://doi.org/10.1002/met.2116>
40. Meijgaard, Van E., van Ulft, B., van de Berg, W. J., Bosveld, F. C., Van den Hurk, B. J. J. M., Lenderink, G., & Siebesma, A. P. (2008). *The KNMI regional atmospheric climate model RACMO, version 2*. (Technical Report 302; p. 50). Institute for Marine and Atmospheric Research, Utrecht University. <https://cdn.knmi.nl/knmi/pdf/bibliotheek/knmipubTR/TR302.pdf>
41. Moriasi, D. N., J. G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel, & T. L. Veith. (2007). Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885-900. <https://doi.org/10.13031/2013.23153>
42. Neha, K. (2012). *Trend Detection in Annual Temperature & Precipitation using the Mann Kendall Test – A Case Study to Assess Climate Change on Select States in the Northeastern United States*. http://repository.upenn.edu/mes_capstones/47
43. Nguyen, H., Mehrotra, R., & Sharma, A. (2017). Can the variability in precipitation simulations across GCMs be reduced through sensible bias correction? *Climate Dynamics*, 49(9-10), 3257-3275. <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3510-z>
44. Nkiaka, E., Nawaz, R., & Lovett, J. C. (2018a). Assessing the reliability and uncertainties of projected changes in precipitation and temperature in Coupled Model Intercomparison Project phase 5 models over the Lake Chad basin. *International Journal of Climatology*, 38(14),5136-5152. <https://doi.org/10.1002/joc.5717>
45. Nkiaka, E., Nawaz, R., & Lovett, J. C. (2018b). Assessing the reliability and uncertainties of projected changes in precipitation and temperature in Coupled Model Intercomparison Project phase 5 models over the Lake Chad basin. *International Journal of Climatology*, 38(14), 5136-5152. <https://doi.org/10.1002/joc.5717>
46. N'Tcha M'Po, Y. (2018). *Evaluation de l'impact des changements climatiques et d'utilisation des terres sur les ressources en eau du bassin de l'Oueme a Beterou a l'horizon 2050*. Institut National Polytechnique Felix Houphouët-Boigny.
47. N'Tcha M'Po, Y., Agnidé, E. L., Ganiyu, T. O., Benjamin, K. Y., & Abel, A. A. (2016). Comparison of Daily Precipitation Bias Correction Methods Based on Four Regional Climate Model Outputs in Ouémé Basin, Benin. *Hydrology*, 4(6), 58. <https://doi.org/10.11648/j.hyd.20160406.11>
48. Pastén-Zapata, E., Jones, J. M., Moggridge, H., & Widmann, M. (2020). Evaluation of the performance of Euro-CORDEX Regional

- Climate Models for assessing hydrological climate change impacts in Great Britain: A comparison of different spatial resolutions and quantile mapping bias correction methods. *Journal of Hydrology*, 584, 124653. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124653>
49. Phuong, D. N. D., Duong, T. Q., Liem, N. D., Tram, V. N. Q., Cuong, D. K., & Loi, N. K. (2020). Projections of Future Climate Change in the Vu Gia Thu Bon River Basin, Vietnam by Using Statistical DownScaling Model (SDSM). *Water*, 12(3), 755. <https://doi.org/10.3390/w12030755>
50. Piani, C., Haerter, J. O., & Coppola, E. (2010a). Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe. *Theoretical and Applied Climatology*, 99(1-2), 187-192. <https://doi.org/10.1007/s00704-009-0134-9>
51. Piani, C., Weedon, G. P., Best, M., Gomes, S. M., Viterbo, P., Hagemann, S., & Haerter, J. O. (2010b). Statistical bias correction of global simulated daily precipitation and temperature for the application of hydrological models. *Journal of Hydrology*, 395(3-4), 199-215. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.10.024>
52. Ramirez-Villegas, J., Challinor, A. J., Thornton, P. K., & Jarvis, A. (2013). Implications of regional improvement in global climate models for agricultural impact research. *Environmental Research Letters*, 8(2), 024018. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024018>
53. Rowell, D. P. (2013). Simulating SST Teleconnections to Africa: What is the State of the Art? *Journal of Climate*, 26(15), 5397-5418. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00761.1>
54. Rummukainen, M. (2016). Added value in regional climate modeling. *WIREs Climate Change*, 7(1), 145-159. <https://doi.org/10.1002/wcc.378>
55. Samuelsson, P., Jones, C. G., Willén, U., Ullerstig, A., Gollvik, S., Hansson, U., Jansson, C., Kjellström, E., Nikulin, G., & Wyser, K. (2011). The Rossby Centre Regional Climate model RCA3: Model description and performance. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 63(1), 4. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0870.2010.00478.x>
56. Siam, M. S., Demory, M.-E., & Eltahir, E. A. B. (2013). Hydrological Cycles over the Congo and Upper Blue Nile Basins: Evaluation of General Circulation Model Simulations and Reanalysis Products. *Journal of Climate*, 26(22), 8881-8894. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00404.1>
57. Sinha, T., & Cherkauer, K. A. (2008). Time Series Analysis of Soil Freeze and Thaw Processes in Indiana. *Journal of Hydrometeorology*, 9(5), 936-950. <https://doi.org/10.1175/2008JHM934.1>

58. Song, C.-Y., Kim, S.-H., & Ahn, J.-B. (2021). Improvement in Seasonal Prediction of Precipitation and Drought over the United States Based on Regional Climate Model Using Empirical Quantile Mapping. *Atmosphere*, 31(5), 637-656. <https://doi.org/10.14191/ATMOS.2021.31.5.637>
59. Souleymane, K., Barthelemy, B. S., Ismaïla, O., Seydou, D., & Bamory, K. (2019). Variabilités et Tendances des Paramètres Hydroclimatiques dans le Bassin Versant de la Rivière Banco au Sud de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal ESJ*, 15(27). <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n27p282>
60. Taguela, T. N., Vondou, D. A., Moufouma-Okia, W., Fotso-Nguemo, T. C., Pokam, W. M., Tanessong, R. S., Yepdo, Z. D., Haensler, A., Longandjo, G. N., Bell, J. P., Takong, R. R., & Djiotang Tchotchou, L. A. (2020). CORDEX Multi-RCM Hindcast Over Central Africa: Evaluation Within Observational Uncertainty. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125(5), e2019JD031607. <https://doi.org/10.1029/2019JD031607>
61. Taylor, K. E., Stouffer, R. J., & Meehl, G. A. (2012). An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(4), 485-498. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1>
62. Teutschbein, C., & Seibert, J. (2012). Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods. *Journal of Hydrology*, 456-457, 12-29. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.05.052>
63. Themeßl, M. J., Gobiet, A., & Heinrich, G. (2012). Empirical-statistical downscaling and error correction of regional climate models and its impact on the climate change signal. *Climatic Change*, 112(2), 449-468. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0224-4>
64. Vlček, O., & Huth, R. (2009). Is daily precipitation Gamma-distributed? *Atmospheric Research*, 93(4), 759-766. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2009.03.005>
65. WB. (2020). *A Groundwater Model for the Lake Chad Basin Integrating data and understanding of water resources at the basin scale*. (A Cooperation for International Waters in Africa (CIWA) Technical Report) [Technical Report (English). Washington, D.C.: World Bank Group.]. <http://documents.worldbank.org/curated/en/271881583228188294/A>
66. Wilcke, R. A. I., Mendlik, T., & Gobiet, A. (2013). Multi-variable error correction of regional climate models. *Climatic Change*, 120(4), 871-887. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0845-x>

67. World Bank Group. (2022). *Région du G5 Sahel : Rapport sur le climat et le développement des pays du G5 Sahel* (1818 H Street NW ; p. 117). <https://hdl.handle.net/10986/37620>
68. Yazid, M., & Humphries, U. (2015). Regional Observed Trends in Daily Rainfall Indices of Extremes over the Indochina Peninsula from 1960 to 2007. *Climate*,3(1),168-192. <https://doi.org/10.3390/cli3010168>