

# **European Scientific Journal, *ESJ***

*February 2022*

**European Scientific Institute, ESI**

*The content is peer reviewed*

**ESJ Natural/Life/Medical Sciences**

*February 2022 edition vol. 18, No. 8*

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 century<sup>1</sup>. 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,

---

<sup>1</sup> 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

**Vayia Karaiskou,**  
Open University of Cyprus

**Robert Szucs,**  
Szolnok University College, Hungary

**Dragica Vujadinovic,**  
University of Belgrade, Serbia

**Pawel Rozga,**  
Technical University of Lodz, Poland

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

**Rashmirekha Sahoo,**  
Melaka-Manipal Medical College, Malaysia

**Daniel Barredo,**  
University Laica Eloy Alfaro de Manabi, Ecuador

**Georgios Vousinas,**  
University of Athens, Greece

**Asif Jamil,**  
Gomal University DIKhan, KPK, Pakistan

**Jowati binti Juhary,**  
National Defense University of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia

**Faranak Seyyedi,**  
Azad University of Arak, Iran

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

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

**Nguyen Thi Hoai Phuong,**  
Ho Chi Minh City University of Law, Vietnam

**Chaudhry Zahid Javid,**  
Taif University, Saudi Arabia

**Dejan Marolov,**  
European Scientific Institute, ESI

**Gloria Esteban de la Rosa,**  
University of Jaen, Spain

**Noor Alam,**  
Universiti Sains Malaysia, Malaysia

**Rashad A. Al-Jawfi,**  
Ibb University, Yemen

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

**Hans W. Giessen,**  
Saarland University, Saarbrucken, Germany

**Naheed Vaida,**  
University of Kashmir, India

**Frank Bezzina,**  
University of Malta, Malta

**Monika Bolek,**  
University of Lodz, Poland

**Michele Minor-Corriveau,**  
Laurantian University, Canada

**Robert N. Diotalevi,**  
Florida Gulf Coast University, USA

**Daiva Jureviciene,**  
Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

**Mariangela Giusti,**  
University of Milan - Bicocca, Italy

**Anita Lidaka,**  
Liepaja University, Latvia

**Rania Zayed,**  
Cairo University, Egypt

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

**Ziad Said,**  
College of the North Atlantic, Qatar

**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

**Mona Kassem,**  
National Research Centre, Egypt

**Cinaria Tarik Albadri,**  
Trinity College Dublin University, Ireland

**Mahammad A. Nurmamedov,**  
State Pedagogical University, Azerbaijan

**Thomas Fenzl,**  
Alps-Adria University of Klagenfurt, Austria

**Henryk J. Barton,**  
Jagiellonian University, Poland

**Stefanos Spaneas,**  
University of Nicosia, Cyprus

**Assem El-Shazly,**  
Zagazig University, Egypt

**Wei Hao,**  
Beijing Normal University, China

**Saltanat Meiramova,**  
S.Seifullin AgroTechnical University, Kazakhstan

**Rajasekhar Kali Venkata,**  
University of Hyderabad, India

**Nishan Rafi Havandjian,**  
California Polytechnic State University, USA

**Ruzica Loncaric,**  
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

**Stefan Vladutescu,**  
University of Craiova, Romania

**Anna Zelenkova,**  
Matej Bel University, Slovakia

**Kevin B. O'Connor,**  
McGill University, Canada

**Billy Adamsen,**  
University of Southern Denmark, Denmark

**Nawab Ali Khan,**  
Aligarh Muslim University, India

**Marinella Lorinzi,**  
University of Cagliari, Italy

**Arfan Yousaf,**  
Pir Mehr Ali Shah Arid Agriculture University, Pakistan

**Bianca Gioia Marino,**  
University of Naples Federico II, Italy

**Franko Milost,**  
Faculty of Management, Koper, Slovenia

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

**Daniel Velasco,**  
Chicago School of Professional Psychology, USA

**N. K. Rathee,**  
Delaware State University, USA

**Michael Ba Banutu-Gomez,**  
Rowan University, USA

**Adil Jamil,**  
Amman University, Jordan

**Habib Kazzi,**  
Lebanese University, Lebanon

**Valentina Manoiu,**  
University of Bucharest, Romania

**Henry J. Grubb,**  
University of Dubuque, USA

**Daniela Brevenikova,**  
University of Economics, Slovakia

**Genute Gedviliene,**  
Vytautas Magnus University, Lithuania

**Vasilika Kume,**  
University of Tirana, Albania

**Mohammed Kerbouche,**  
University of Mascara, Algeria

**Adriana Gherbon,**  
University of Medicine and Pharmacy Timisoara, Romania

**Pablo Alejandro Olavegogeochea,**  
National University of Comahue, Argentina

**Raul Rocha Romero,**  
Autonomous National University of Mexico, Mexico



**Oihab Allal-Cherif,**  
KEDGE Business School, France

**Izabela Dembinska,**  
University of Szczecin, Poland

**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

**Alicia Marchant Rivera,**  
University of Malaga, Spain

**Lucia D'Ambrosi,**  
University of Macerata, Italy

**Tilahun Achaw Messaria,**  
Addis Ababa University, Ethiopia

**George Chiladze,**  
University of Georgia, Georgia

**Elisa Rancati,**  
University of Milano-Bicocca, Italy

**Alessandro Merendino,**  
University of Ferrara, Italy

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

**Anastassios Gentzoglani,**  
University of Sherbrooke, Canada

**Awoniyi Samuel Adebayo,**  
Solusi University, Zimbabwe

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

**Berenyi Laszlo,**  
University of Miskolc, Hungary

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

**Omar Arturo Dominguez Ramirez,**  
Hidalgo State University, Mexico

**Francesco Lenci,**  
Institute of Biophysics, Italy

**Hafiz Muhammad Iqbal,**  
University of the Punjab, Pakistan

**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

**Asma Zaidi,**  
Kansas City University of Medicine and Biosciences, USA

**Mahbubul Haque,**  
Daffodil International University, Bangladesh

**Diego Enrique Baez Zarabanda,**  
Autonomous University of Bucaramanga, Colombia

**Juan Antonio Lopez Nunez,**  
University of Granada, Spain

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

**Ashgar Ali Ali Mohamed,**  
International Islamic University, Malaysia

**A. Zahoor Khan,**  
International Islamic University Islamabad, Pakistan

**Valentina Manoiu,**  
University of Bucharest, Romania

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

**Andrzej Palinski,**  
AGH University of Science and Technology, Poland

**Jose Carlos Teixeira,**  
University of British Columbia Okanagan, Canada

**Horst Hanke,**  
Technical University Darmstadt, Germany

**Elpiniki I. Papageorgiou,**  
Technological Educational Institute of Central Greece, Greece

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

**Irina Matijosaitiene,**  
Kaunas University of Technology, Lithuania

**Anita Auzina,**  
Latvia University of Agriculture, Latvia

**Martin Gomez-Ullate,**  
University of Extremadura, Spain

**Nicholas Samaras,**  
Technological Educational Institute of Larissa, Greece

**Emrah Cengiz,**  
Istanbul University, Turkey

**Andre Ozer,**  
University of Liege, Belgium

**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

**Mohsen Hanif,**  
Kharazmi University, Iran

**Jose Antonio Pineda-Alfonso,**  
University of Sevilla, Spain

**Jingshun Zhang,**  
Florida Gulf Coast University, USA

**Rodrigue V. Cao Diogo,**  
University of Parakou, Benin

**Salem Marzougui,**  
ElKef, Tunisia

**Tunjica Petrusevic,**  
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

**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

**Cosmin Stefan Dogaru,**  
University of Bucharest, Romania

**Tiffany T. Boury,**  
Franciscan University of Steubenville, USA

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

**Stephane Zingue,**  
University of Maroua, Cameroon

**Jawed Iqbal,**  
National University of Sciences & Technology, Pakistan

**Tanzer Celikturk,**  
Pamukkale University, Turkey

**Ruth Erika Lerchster,**  
Alpen-Adria University Klagenfurt, Austria

**Pierluigi Passaro,**  
University of Bari Aldo Moro, Italy

**Georges Kpazai,**  
Laurentian University, Canada

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

**Natalia Sizochenko,**  
Dartmouth College, USA

**Michele Russo,**  
University of Foggia, Italy

**Nikolett Deutsch,**  
Corvinus University of Budapest, Hungary

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

**Brian Sloboda,**  
University of Maryland, USA

**Murtaz Kvirkvaia,**  
Grigol Robakidze University, Georgia

**Enrique Jerez Abajo,**  
University of Zaragoza, Spain

**Yassen Al Foteih,**  
Canadian University Dubai, UAE

**Marisa Cecilia Tumino,**  
Adventista del Plata University, Argentina

**Luca Scaini,**  
Al Akhawayn University, Morocco

**Aelita Skarbaliene,**  
Klaipeda University, Lithuania

**Efthymios Papatzikis,**  
Canadian University, Dubai, UAE

**Oxana Bayer,**  
Dnipropetrovsk Oles Honchar University, Ukraine

**Onyeka Uche Ofili,**  
International School of Management, France

**Aurela Saliaj,**  
University of Vlora, Albania

**Maria Garbelli,**  
Milano Bicocca University, Italy

**Josephus van der Maesen,**  
Wageningen University, Netherlands

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

**Francisco Gonzalez Garcia,**  
University of Granada, Spain

**Mahgoub El-Tigani Mahmoud,**  
Tennessee State University, USA

**Hilal Yildirim Keser,**  
Bursa Technical University, Turkey

**Miriam Agreda Montoro,**  
University of La Rioja, Spain

**Daniel Federico Morla,**  
National University of Rio Cuarto, Argentina

**Valeria Autran,**  
National University of Rio Cuarto, Argentina

**Muhammad Hasmi Abu Hassan Asaari,**  
Universiti Sains, Malaysia

**Angelo Viglianisi Ferraro,**  
Mediterranean University of Reggio Calabria, Italy

**Roberto Di Maria,**  
University of Palermo, Italy

**Delia Magherescu,**  
State University of Moldova, Moldova

**Sayeeduzzafar Qazi,**  
University of Science and Technology, Saudi Arabia

**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

**Manuel Ramon Gonzalez Herrera,**  
The Autonomous University of Ciudad Juarez, Mexico

**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

**Armando Carteni,**  
University of Naples Federico II, Italy

**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

**Noralv Veggeland,**  
Inland Norway Univ. of Applied Sciences, Norway

**Leila Ghudushauri,**  
Tbilisi State University, Georgia

**George C. Katsadoros,**  
University of the Aegean, Greece

**Elena Gavrilova,**  
Plekhanov University of Economics, Russia

**Kira Trostina,**  
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

**Marek Semela,**  
Brno University of Technology, Czech Republic

**Marie-Noelle Albert,**  
University of Quebec at Rimouski, Canada

**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

**Virginia Pulcini,**  
University of Torino, Italy

**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

**Iveta Reinholde,**  
University of Latvia, Latvia

**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

**Claudio Fabian Guevara,**  
University of Guadalajara, Mexico

**Oruam Cadex Marichal Guevara,**  
University Maximo Gomes Baez, Cuba

**Vanya Katarska,**  
National Military University, Bulgaria

**Carmen Maria Zavala Arnal,**  
University of Zaragoza, Spain

**Francisco Gavi Reyes,**  
Postgraduate College, Mexico

**Aysegul Ozbebek Tunc,**  
Istanbul University, Turkey

**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

**Eugenio D'Angelo,**  
Pegaso Telematic University, Italy

**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

**Komina Amevoin,**  
University of Lome, Togo

**Veronica Flores Sanchez,**  
Technological University of Veracruz, Mexico

**Camille Habib,**  
Lebanese University, Lebanon

**Larisa Topka,**  
Irkutsk State University, Russia

**Paul M. Lipowski,**  
Creighton University, USA

**Marie Line Karam,**  
Lebanese University, Lebanon

**Jorge Wozniak,**  
National University of Tres de Febrero, Argentina

**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

**Judit Sole Resina,**  
Autonomous University of Barcelona, Spain

**Kouame Atta,**  
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

**Patience Mpanzu,**  
University of Kinshasa, Congo

**Angeles Aguilera Velasco,**  
University of Guadalajara, Mexico

**Rachid Hsissou,**  
Ibn Tofail University, Morocco

**Svetlana Melentijevic,**  
Complutense University of Madrid, Spain

**Devang Upadhyay,**  
University of North Carolina at Pembroke, USA

**Nyamador Wolali Seth,**  
University of Lome, Togo

**Akmele Meless Simeon,**  
Ouattara University, Ivory Coast

**Mohamed Sadiki,**  
IBN Tofail University, Morocco

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

**Gamal Elgezeery,**  
Suez University, Egypt

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

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

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

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

**Alla Manga,**  
University Cheikh Anta Diop, Senegal

**Lalla Aicha Lrhorfi,**  
University Ibn Tofail, Morocco

**Ruth Adunola Aderanti,**  
Babcock University, Nigeria

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

**Aka Koffi Sosthene,**  
Research Center for Oceanology, Ivory Coast

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

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

**Sophia Barinova,**  
University of Haifa, Israel

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

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

**Aderewa Amontcha,**  
Université d'Abomey-Calavi, Benin

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

**Rene Mesias Villacres Borja,**  
Universidad Estatal De Bolívar, Ecuador

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

**Qamil Dika,**  
Tirana Medical University, Albania

**Kouame Konan,**  
Peléforo Gon Coulibaly University of Korhogo, Ivory Coast

**Hariti Hakim,**  
University Alger 3, Algeria

**Emel Ceyhun Sabir,**  
University of Cukurova, Turkey

**Salomon Barrezueta Unda,**  
Universidad Tecnica de Machala, Ecuador

**Belkis Zervent Unal,**  
Cukurova University, Turkey

**Elena Krupa,**  
Kazakh Agency of Applied Ecology, Kazakhstan

**Carlos Angel Mendez Peon,**  
Universidad de Sonora, Mexico

**Antonio Solis Lima,**  
Apizaco Institute Technological, Mexico

**Roxana Matefi,**  
Transilvania University of Brasov, Romania

**Bouharati Saddek,**  
UFAS Setif1 University, Algeria

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

**Serigne Modou Sarr,**  
Universite Alioune DIOP de Bambey, Senegal

**Nina Stankous,**  
National University, USA

**Lovergine Saverio,**  
Tor Vergata University of Rome, Italy

**Fekadu Yehuwalashet Maru,**  
Jigjiga University, Ethiopia

**Karima Laamiri,**  
University of Moulay Ismail, Morocco

**Elena Hunt,**  
Laurentian University, Canada



**Sharad K. Soni,**  
Jawaharlal Nehru University, India

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

**Florence Kagendo Muindi,**  
University of Nairobi, Kenya

**Maximo Rossi Malan,**  
Universidad de la Republica, Uruguay

**Haggag Mohamed Haggag,**  
South Valley University, Egypt

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

**Eveligh Cecilia Prado-Carpio,**  
Technical University of Machala, Ecuador

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

**Fernando Paulo Oliveira Magalhaes,**  
Polytechnic Institute of Leiria, Portugal

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

**Stefan Cristian Gherghina,**  
Bucharest University of Economic Studies, Romania

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

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

**Aristide Yemmafouo,**  
University of Dschang, Cameroon

**Gabriel Anibal Monzón,**  
University of Moron, Argentina

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

**Arburim Iseni,**  
State University of Tetovo, Republic of Macedonia

**Milad Reda Qelliny,**  
Minia University, Egypt

**Raoufou Pierre Radji,**  
University of Lome, Togo

**Juan Carlos Rodriguez Rodriguez,**  
Universidad de Almeria, Spain

**Mohammadreza Hadizadeh,**  
Central State University, USAa

**Mushtaq Ismael Hasan,**  
Thi-Qar University, Iraq

**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

**Abdelaaziz El Bakkali,**  
Sidi Mohamed Ben Abdelah University, Morocco

**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 Houphouet-Boigny University of Abidjan, Cote d'Ivoire

**Bertin Desire Soh Fotsing,**  
University of Dschang, Cameroon

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

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

**Ouedraogo Francois de Charles,**  
Josepk Ki-Zerbo University, Burkina Faso

**Abdelfettah Maouni,**  
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

**Alina Stela Resceanu,**  
University of Craiova, Romania

**Alilouch Redouan,**  
University Abdelmalek Saadi, Morocco

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

**Sufi Amin,**  
International Islamic University, Islambad Pakistan

**Sanja Milosevic Govedarovic,**  
University of Belgrade, Serbia

**Elham Mohammadi,**  
Curtin University, Australia

**Andrianarizaka Marc Tiana,**  
University of Antananarivo, Madagascar

**Ngakan Ketut Acwin Dwijendra,**  
Udayana University, Indonesia

**Yue Cao,**  
Southeast University, China

**Nishant Agrawal,**  
Nirma University, India

**Audrey Tolouian,**  
University of Texas, USA

**Alaa Abdulhady Jaber,**  
University of Technology, Iraq

**Asli Cazorla Milla,**  
Federal University of Rio de Janeiro, Brazil

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

**Tabou Talahatou,**  
University of Abomey-Calavi, Benin

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

**Hamidreza Izadi,**  
Chabahar Maritime University, Iran

**Idriss M'bouka Milandou Auguste Williams,**  
Marien Ngouabi University, Congo

**Elsa Kristo,**  
University of Tirana, Albania

**Hanaa Ouda Khadri Ahmed Ouda,**  
Ain Shams University, Egypt

**Rachid Ismaili,**  
Hassan 1 University, Morocco

**Bashar H. Malkawi,**  
University of Sharjah, UAE

**Tamar Ghutidze,**  
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

**Emine Koca,**  
Ankara Haci Bayram Veli University, Turkey

**David Perez Jorge,**  
University of La Laguna, Spain

**Ousmane Tanor Dieng,**  
Cheikh Anta Diop University, Senegal

**Irma Guga,**  
European University of Tirana, Albania

**Ozgun Muhittin Esen,**  
Istanbul University, Turkey

**Saif Ur Rehman,**  
PMAS-Arid Agriculture University, Pakistan

**Jesus Gerardo Martínez del Castillo,**  
University of Almeria, Spain

**Mohammed Mouradi,**  
Sultan Moulay Slimane University, Morocco

**Marco Tulio Ceron Lopez,**  
Institute of University Studies, Mexico

**Mangambu Mokoso Jean De Dieu,**  
University of Bukavu, Congo

**Hadi Sutopo,**  
Kalbis Institute, Indonesia

**Priyantha W. Mudalige,**  
University of Kelaniya, Sri Lanka

**Emmanouil N. Choustoulakis,**  
University of Peloponnese, Greece

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

**Pinnawala Sangasumana,**  
University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka

**Abdelali Kaaouachi,**  
Mohammed I University, Morocco

**Dimitrios Belias,**  
University of Thessaly, Greece

**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

**Youssef Babakhouya,**  
Inje University, South Korea

**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

**Nawaz Ahmad,**  
Institute of Business Management, Pakistan

**Varij Nayan,**  
Central Institute for Research on Buffaloes, India

**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

**Jonida Lesha,**  
University of Tirana, Albania

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

**Hanif Qureshi,**  
University of Cincinnati, USA

**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

**Zayde Ayvaz,**  
Canakkale Onsekiz Mart University, Turkey

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

**Rawaa Qasha,**  
University of Mosul, Iraq

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

**Hani Nasser Abdelhamid,**  
Assiut University, Egypt

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

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

**Ilenia Farina,**  
University of Naples "Parthenope, Italy

**Luisa Zanolla,**  
Azienda Ospedaliera Universitaria Verona, Italy

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

**Adriana Burlea-Schiopoiu,**  
University of Craiova, Romania

**Alejandro Palafox-Munoz,**  
University of Quintana Roo, Mexico

**Fernando Espinoza Lopez,**  
Hofstra University, USA



**Ammar B. Altemimi,**  
University of Basrah, Iraq

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

**Davide Calandra,**  
University of Turin, Italy

**Nicola Varrone,**  
University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy

**Luis Angel Medina Juarez,**  
University of Sonora, Mexico

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

**Sameer Algburi,**  
Al-Kitab University, Iraq

**Braione Pietro,**  
University of Milano-Bicocca, Italy

**Mounia Bendari,**  
Mohammed VI University, Morocco

**Stamatios Papadakis,**  
University of Crete, Greece

**Aleksey Khlopytskyi,**  
Ukrainian State University of Chemical Technology, Ukraine

**Sung-Kun Kim,**  
Northeastern State University, USA

**Nemanja Berber,**  
University of Novi Sad, Serbia

**Krejsa Martin,**  
Technical University of Ostrava, Czech Republic

**Magdalena Vaverkova,**  
Mendel University in Brno, Czech Republic

**Jeewaka Kumara,**  
University of Peradeniya, Sri Lanka

**Antonella Giacosa,**  
University of Torino, Italy

**Paola Clara Leotta,**  
University of Catania, Italy

**Francesco G. Patania,**  
University of Catania, Italy

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

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

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

**Usama Konbr,**  
Tanta University, Egypt

**Leonid Nakov,**  
“Ss. Cyril and Methodius University”, Republic of Macedonia

**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,**  
Dnoproptrovsk State University of Internal Affairs, Ukraine

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

**Manotar Tampubolon,**  
Universitas Kristen, Indonesia

**Giacomo Buoncompagni,**  
LUMSA University of Rome, Italy

**Elza Nikoleishvili,**  
University of Georgia, Georgia

**Mohammed Mahmood Mohammed,**  
University of Baghdad, Iraq

**Oudgou Mohamed,**  
University Sultan Moulay Slimane, Morocco

European Scientific Journal, ESJ  
February 2022 edition Vol.18, No.8

ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431

**Arlinda Ymeraj,**  
European University of Tirana, Albania

# Table of Contents:

**Associations Between Self-Reported Sleep, Wellbeing and Physical Activity in Irish Adolescents.....1**

*John Murphy*

*Mary Rose Sweeney*

*Anna Donnla O'Hagan*

*Bronagh McGrane*

**Strategies D'adaptation Des Agropasteurs Aux Changementsclimatiques Dans La Commune Rurale De Diema (Mali).....21**

*Mamadou Coulibaly*

*Siaka Samake*

*Brehima N'diaye*

*Mahamadou Malle*

*Dommo Timbely*

*Mariam Couliba*

*Sanoussi Atta*

**Etude Histologique Des Organes Excreteurs Du Poulet De Races Dzaye Et Bochibolochie En Cote D'ivoire.....40**

*Gnonsoakala Emmanuel Yoe*

*Camille Mahn Yoro*

*Komenan Daouda Kouassi*

*Jean Jacques Miessan*

*Nazaire Bernard Djyh*

*Mathieu Koffi Adou Kra*

*Joseph Allico Djaman*

**Determinants of Demand for Health Care Among Sexually Transmitted Infections Patients in Kenya.....58**

*Pauline Ogola*

*Urbanus M. Kioko*

**Diversité Et Activité Antimicrobienne Des Plantes Impliquées Dans Le Traitement Des Affections Dermatologiques Chez Les Peul Et Les Wolof Du Ferlo Nord (Sénégal).....73**

*Bétémondji Désiré Diatta*

*Ousmane Niass*

*Mathieu Gueye*

*Emeline Houël*

*Gilles Boetsch*

**Bone Tissue Changes In The Background Of "Activation Of The Immune System" During Orthodontic Treatment And Tskaltubo Water Hormesis.....98**

*Jaba Adamia*

*Marine Nikolaishvili*

*Nato Mosemghdvlshvili*

**Evaluacion del  $\beta$ -Cariofileno sobre el estrés oxidativo de ratones BALB/c con hiperglicemia inducida mediante la administración de estreptozotocina.....112**

*María de Jesús Romero-Hernández*

*Oscar Gutiérrez-Coronado*

*José Luis Muñoz-Carrillo*

*Juan Manuel Viveros-Paredes*

*Paola Trinidad Villalobos-Gutiérrez*

**Caractéristiques de production et de sécurité sanitaire du pain - Une revue.....129**

*Théodoric K. Bossou*

**Length-Weight Relationship And Condition Factor Of Mangrove Fish Species In Azagny National Park (Grand-Lahou Department, Ivory Coast).....158**

*Kouadio Kouassi Alain*

*Yao Stanislas Silvain*

*Kamelan Tanoh Marius*

*Konan Yao Aristide*

**Dynamique du carbone organique du sol et de l'azote dans une chronoséquence de plantation de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. (Fabaceae), à Bambou-Mingali (République du Congo).....172**

*Mankessi François*

*Malonga Kiantouba Merveillia Gilfarde*

*Ifo Suspense Averti*

**Productivité Et Rôles Socio-Économiques Des Cultures Maraîchères Dans Les Communes De Tibiri Gobir Et De Madarounfa (Niger).....189**

*Younoussou Rabo*

*Issiaka Issaharou Matchi*

*Maigari Malam Assane*

*Ali Mahamane*

**Hirschsprung Disease in Adults: A Case Report in a Tertiary Hospital in West Africa.....208**

*Ananivi Sogan*

*Efoe-Ga Amouzou*

*Yawa Sesime Sanni*

*Hassiatou Sabi*

*Victor Adjenou*

*Komlanvi James*

**Influence Des Cultures Intercalaires Et De Bordure De L'oseille De Guinée Et Du Gombo Sur La Dynamique Des Insectes Ravageurs Et La Production Du Coton Dans Les Conditions Agro-Écologiques De Katibougou, 2019 /Mali.....214**

*Diallo Seydou*

*Yaro Alpha Seydou*

*Kansaye Laya*

*Doumma Ali*





ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Associations Between Self-Reported Sleep, Wellbeing and Physical Activity in Irish Adolescents**

*John Murphy,*

School of Arts, Education and Movement, Dublin City University Institute of Education

*Dr Mary Rose Sweeney,*

School of Nursing, Psychotherapy and Community Health, Dublin City University

*Dr Anna Donnla O'Hagan,*

School of Health and Human Performance, Dublin City University

*Dr Bronagh McGrane,*

School of Arts, Education and Movement, Dublin City University Institute of Education

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n8p1](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p1)

Submitted: 20 December 2021

Accepted: 01 February 2022

Published: 28 February 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND  
4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Murphy SJ, Sweeney MR, O'Hagan AD, & McGrane B., (2022). *Associations Between Self-Reported Sleep, Wellbeing and Physical Activity in Irish Adolescents* European Scientific Journal, ESJ, 18 (8), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p1>

### **Abstract**

Growing evidence suggests sleep plays an important role in the development of healthy adolescents, with increased interest in the associations between sleep and mental health. Higher duration and quality of sleep has been suggested as a mechanism for increased wellbeing in adolescents. Cross sectional data was collected from 5,661 Irish adolescents. 55% of Irish adolescents reported meeting the guidelines for adolescents of 8-10 hours per night. This was found to decrease with age. Higher duration and quality of sleep was positively associated with wellbeing and negatively associated with symptoms of anxiety and depression. A higher frequency of physical activity was associated with longer duration and higher quality of sleep. 9-10 hours of sleep was associated with the highest levels of wellbeing and lowest symptoms of anxiety and depression. The relationship between physical activity and increased wellbeing may be impacted by physical activity leading to higher

durations and quality of sleep. Higher frequencies of physical activity may increase sleep quality and quantity thereby improving markers of mental health in adolescents.

---

**Keywords:** Sleep Duration; Sleep Latency; Sleep Efficiency; Health Behaviour

## **Introduction**

Growing Evidence Suggests That Sleep Plays A Crucial Role In The Development Of Healthy Adolescents (12-19 Years), With A Particular Emphasis On The Regulation Of Important Daily Cognitive Functions (Such As Attention, Vigilance, Problem-Solving, Etc), Mood And Emotional Wellbeing (Dahl & Lewin, 2002). Many Epidemiological And Laboratory Studies Also Provide Preliminary Evidence For The Potential Role Of Sleep Curtailment In Adolescents And Children With Obesity (Litsfeldt, Ward, Hagell & Garmy, 2020). The Role Of Sleep Is More Complicated In The Adolescent Population Due To Higher Sleep Needs Coupled With The Growth- And Lifestyle-Related Sleep Changes, Such As Social Lives And Shifts In Circadian Rhythms, Seen At This Developmental Stage Of Life (National Sleep Foundation, 2019). The Trend Over Time Has Been Towards Insufficient Sleep In The Younger Population, Which May Be Further Increasing The Burden Of Short Sleep-Mediated Outcomes Including Both Physical And Mental Ill Health (Magee, Caputi & Iverson, 2014). The US National Sleep Foundation's Recommended Duration Of Sleep For Adolescents Is 8-10 Hours Per Night (Hirshkowitz Et Al., 2015).

Research Focusing On Sleep Loss Or Short-Sleep Duration Has Found Connections To Both Cognitive And Emotive Issues Such As Impaired Capacity To Learn (Gomez, Newman-Smith, Breslin & Bootzin, 2011); Decreased Academic Performance (Dewald, Meijer, Oort, Kerkhof & Bogels, 2010); And Symptoms Of Depression (Gangswich Et Al., 2010). Other Research That Focuses On Depression And Depressive Symptoms In Children And Adolescents Found That Sleep Disorders Are Common Although Disordered Sleep Can Both Stem From, And Cause, Elevated Symptoms Of Depression (Liu Et Al., 2007) With The Majority Of Studies Investigating The Specific Relationship Between Short Sleep Duration And Depression Focusing On Adolescents (Giannotti, Cortesi, Sebastiani & Ottaviano, 2002). One Of The Most Influential Investigations Found That Adolescents With Parent Set Bedtimes Of Midnight Or Later Were 24% More Likely To Suffer From Depression And 20% More Likely To Have Suicidal Ideation Than Adolescents With Parent Set Bedtimes Of 10:00pm Or Earlier (Gangswich Et Al., 2010). The Bi-Directional Relationship, Where Disordered Sleeping Impacts Mental Health Outcomes And Symptoms Of Depression And Anxiety

Impact Sleep Has Also Been Demonstrated In Non-Clinical Child And Adolescent Populations (Muiris, Van Der Pennen, Sigmond & Mayer, 2008).

40% Of Irish Adolescents Reported Elevated Symptoms Of Anxiety And Depression (Murphy, Sweeney & Mcgrane, 2020) Pre Covid-19 While 46% Reported Elevated Symptoms During Restrictions (Murphy, Mcgrane & Sweeney, 2021) Although Higher Levels Of Physical Activity Were Associated With Lower Symptoms Of Both. Lubans Et Al., (2016) Proposed A Number Of Mechanisms That Sought To Explain The Impact Of Physical Activity On Mental Health And Wellbeing, One Of Which Is Based On Sleep, Where Increased Quality And Duration Of Sleep Is Positively Associated With Increased Wellbeing. A Recent Meta-Analysis Of The Effects Of Physical Activity On Sleep Found That Bouts Of Acute Exercise Had Benefits On Sleep Duration And Sleep Quality While Regular Exercise, Of Any Intensity, Had Beneficial Effects On Sleep Duration And Efficiency (Kredlow, Capozzoli, Hearon, Calkins & Otto, 2015). An Investigation Of Physical Activity And Sleeping Patterns Also Found That Adolescents Who Engaged In 60 Minutes Or More Of Physical Activity Per Day Had Increased Odds Of Meeting Sleep Recommendations Than Those Who Did Not (Foti, Eaton, Lowry & Mckinight-Ely, 2011). Another Cross-Sectional Examination Of US Adolescents Found That 66% Of Boys And 75% Of Girls Do Not Meet Physical Activity Recommendations Which Was Associated With Lower Odds Of Achieving Adequate Sleep (Kenney & Gortmaker, 2017). Similar Findings Were Found In European Adolescents As Insufficient And Poor Sleep Patterns Are Common Throughout The European Union (Gariepy Et Al., 2020). Adolescents Achieving The Recommended Duration Of Sleep Range From 32% In Some Countries (Poland) To 86% In Others (Flemish Belgium) With No Specific Data Collected In Irish Adolescents. No Previous Studies Have Explored The Association Between Duration Of Sleep And Symptoms Of Mental Health Or Physical Activity In Irish Adolescents.

The Aim Of This Study Was To Investigate Sleep Duration, By Year And Gender, Among Adolescents In Ireland. This Research Will Also Examine Associations Between Sleep, Physical Activity, And Mental Health Outcomes.

## **Method**

Cross Sectional Data Were Drawn From The Physical Activity And Wellbeing Study (PAWS) (Murphy, Sweeney & Mcgrane, 2020). Data Collection Took Place During September And October 2019. The Study Was Approved By The DCU Ethics Committee (DCUREC/2019/107) Prior To Any Data Being Collected. 144 Schools Initially Registered Interest In Taking Part. 65 Schools Were Unable To Participate Fully Due To Either; Commitments To Other Research; Availability Of Time; Or Lack Of Principal

Consent. The Remaining 79 Schools Who Registered Interest Represent 11% Of The Post-Primary Schools In Ireland. 5661 Participants Were Recruited From These 79 Schools Throughout The Republic Of Ireland With A Minimum Of One School From Each Of The 26 Counties In Ireland. The Number Of Student Responses In Each School Ranged From 24 To 232.

### **Data Collection**

Written Consent From Each School's Principal Was Sought Prior To The Distribution Of Questionnaires. Parental Consent Forms And Plain Language Statements Were Given To All Students Prior To The Questionnaire Being Issued. Students Were Administered A Self-Report Questionnaire, Which Included Well-Established And Validated Instruments To Assess Sleep, Physical Activity, Wellbeing, And Symptoms Of Depression And Anxiety. Participants Were Informed That Their Responses Would Be Treated In Strictest Confidence And That All Responses Were Entirely Anonymous. They Were Encouraged To Take Time, Reflect On Their Answers, And To Be As Honest As Possible. All Questionnaires Were Administered In School Through An Online Form And Could Be Completed Via Desktop Computer, Laptop, Tablet Or Mobile Phone. An Option To Contact The National Education Psychologists Service (NEPS) Was Offered To Participants After Completion Of The Questionnaire. The Means Of Administering The Questionnaire Was At The Discretion Of Each Participating School.

### **Mental Health**

**Depressive Symptoms:** Severity Of Depressive Symptoms Was Measured Via The Beck Depression Inventory (BDI). Items Of This Instrument Assess Specific Symptoms Of Depression Experienced Over The Preceding Two Weeks. Each Question Was Scored From 0 To 3, Indicating The Severity Of The Symptom, With Total Scores Ranging From 0 To 60. Cronbach's Alpha In Our Sample Was 0.94. The Reliability And Validity Of The BDI Have Been Confirmed In Clinical And Community Samples Of Adolescents.

**Anxiety Symptoms:** Symptoms Of Anxiety Were Assessed Using The Beck Anxiety Inventory (BAI), A 21-Item Self-Report Questionnaire. Responses To Each Item Range From 0 To 3 With Scores Ranging From 0 To 63 With Higher Scores Indicating Increased Levels Of Anxiety. Cronbach's Alpha In Our Sample Was 0.93.

**Wellbeing:** Wellbeing Was Assessed Using The Warwick Edinburgh Mental Wellbeing Scale (WEMWS), Which Measures Positive Psychological Wellbeing Through A 14 Item Self-Report Questionnaire. Responses To Each Item Range From 1 To 5 With Overall Scores Ranging From 14 To 70 Where

70 Represents The Best Possible Level Of Wellbeing. Cronbach's Alpha In Our Sample Was 0.83, Indicating Good Internal Reliability.

### **Sleep**

Sleep Was Measured Using An Adapted Form Of The Pittsburgh Sleep Quality Index (Buysse, Reynolds, Monk, Berman & Kupfer, 1989) Which Has Been Validated For Use In Adolescents (Raniti, Waloszek, Schwartz, Allen & Trinder, 2018). Participants Were Asked To Report How Many Hours They Spent Asleep On A Typical School Night And To Rate Their Quality Of Sleep As Either "Very Good", "Fairly Good", "Fairly Bad" Or "Very Bad".

### **Physical Activity**

Habitual Physical Activity Was Assessed Via A Modified Version Of The Take PART Questionnaire By Measuring The Number Of Days During The Past 14 That Participants Had Accumulated 60 Minutes Of Moderate-To-Vigorous Physical Activity (MVPA)). The Survey Item Assessing Physical Activity Was As Follows: "During A Typical 2-Week Period, On How Many Days Were You Physically Active For A Total Of At Least 60 Minutes? For Each Day, Add Up All The Time You Spent In Physical Activity Like Walking, Riding A Bicycle Etc. Count Up The Days With At Least 60 Minutes Of Physical Activity In A Typical 2-Week Period." Responses Ranged From 0 To 14 Days.

Based On Their Reported Frequency Of Physical Activity, Participants Were Categorised As Least Active (60 Minutes Or More Of Activity On 0-3 Days In The Past 14), Somewhat Active (60 Minutes Or More Of Activity On 4-7 Days In Past 14), Or Most Active (60 Minutes Or More Of Activity On 8-14 Days Of The Past 14. A Further Sub-Group Was Also Created Who Reported Meeting The Daily Physical Activity Guidelines On All 14 Days In A Typical 2-Week Period (Sufficiently Active According To WHO Guidelines).

### **Statistical Analyses**

To Examine The Associations Between Self-Reported Hours Of Sleep And Mental Health Variables A Mixed Linear Regression Model With Fixed Effects For Gender And Physical Activity, And Random Effects For Year Was Fitted. The Coefficients From This Model Were Used To Estimate Curves Illustrating Associations Between Subjective Sleep And Each Of The Mental Health Measures (Figure 2). Post-Hoc Between-Group Comparisons Were Carried Out Using Tukey's HSD And Bonferroni Correction To Account For Multiple Testing. Analyses Were Conducted In R (R Core Team, 2014) And Figures Were Produced Using The Package Ggplot2 (Wickham, 2009).

## Results

### Participant Characteristics

In Total, 5661 Adolescents Participated In The Questionnaire. 3247 (57%) Females, 2386 (42%) Males And 28 (0.5%) Who Identified As Neither Female Nor Male. Transition Year Had The Most Participants (N = 1411, 25%) Followed By 3<sup>rd</sup> Year (N = 1011, 18%), 5<sup>th</sup> Year (N = 983, 17%), 2<sup>nd</sup> Year (N = 894, 16%), 1<sup>st</sup> Year (N = 872, 15%) And The Least Participants From 6<sup>th</sup> Year (N = 490, 9%). Ages Ranged From 11 To 20 Years. The Mean Age Of The Sample Was 14.8 (Sd = 1.5).

Higher Percentage Of Participants Met The Guidelines Of 8-10 Hours Of Sleep Per Night In Younger Year Groups And This Was Found To Decline As Adolescents Progressed Through School, With The Exception Of Males In Transition Year. A Higher Percentage Of Males Were Also Found To Have Meet Sleep Duration Guidelines In All Year Groups With The Exception Of 6<sup>th</sup> Year.

**Table 1:** Percentage of males and females in each category of sleep

Gender	Hours Of Sleep	Percent
Female	< 5 Hours	2%
Male		3%
Female	5 – 6 Hours	16%
Male		12%
Female	6 – 8 Hours	28%
Male		25%
Female	8 – 10 Hours	53%
Male		58%
Female	> 10 Hours	1%
Male		2%

**Table 1** Shows The Percentage Of Males And Females In Each Category Of Sleep. 53% Of Females And 58% Of Males Met The Guideline Of 8-10 Hours Per Night. More Females Than Males Were Found To Sleep 5 To 6 (16% V 12%) And 6 To 8 Hours Per Night (28% V 25%) Respectively.

### Sleep & Psychological Variables

**Anxiety:** One-Way ANOVA Showed That Participants Who Reported 8-10 Hours Of Sleep Had Significantly Lower ( $P < 0.001$ ) Symptoms Of Anxiety Than All Sub-Groups Who Reported Less Than 8 Hours Of Sleep (Table 2). One-Way ANOVA Found Significant Differences Between Self-Reported Quality Of Sleep And Symptoms Of Anxiety After Bonferroni Correction. Those Who Reported Very Good Sleep Had Significantly Lower Symptoms Of Anxiety Than Those Who Reported Fairly Good Sleep ( $P = 0.006$ ), Fairly Bad Sleep ( $P = 0.003$ ) And Very Bad Sleep ( $P = 0.002$ ). Those Who Reported Fairly Good Sleep Had Significantly Lower Symptoms Of

Anxiety Than Those Who Reported Fairly Bad Sleep ( $P = 0.003$ ) And Those Who Reported Very Bad Sleep ( $P = 0.003$ ). Those Who Reported Fairly Bad Sleep Had Significantly Lower Symptoms Of Anxiety Than Those Who Reported Very Bad Sleep ( $P = 0.002$ ).

**Table 2:** Wellbeing, anxiety and depression by sleep category subgroup

Sleep Subgroup	Wellbeing Mean (SD)	Depression Mean (SD)	Anxiety Mean (SD)
< 5 Hours	36.8 (12.1)*	28.4(11.9)**	32.4 (11.7)**
5 – 6 Hours	41.7 (9.7)*	18.5 (9.5)**	23.7(10.7)**
6 – 8 Hours	45.9 (8.6)*	11.7 (7.4)**	17.3 (9.1)**
8 – 10 Hours	49.4 (8.2)	7.6 (6.3)	13.7 (8.3)
> 10 Hours	48.4 (8.8)	8.9 (7.4)	13.5 (10.1)

\*Significantly lower wellbeing than 8 – 10 hours of sleep per night ( $p < 0.001$ )  
\*\*Significantly higher symptoms of depression/anxiety than 8 – 10 hours of sleep per night ( $p < 0.001$ )

**Depression:** Participants Who Reported 8-10 Hours Of Sleep Had Significantly Lower Symptoms Of Depression ( $P < 0.001$ ) Than All Sub-Groups Who Reported Less Than 8 Hours Of Sleep (Table 2). One-Way ANOVA Found Significant Differences Between Self-Reported Quality Of Sleep And Symptoms Of Depression After Bonferroni Correction. Those Who Reported Very Good Sleep Had Significantly Lower Symptoms Of Depression Than Those Who Reported Fairly Good Sleep ( $P = 0.002$ ), Fairly Bad Sleep ( $P = 0.007$ ) And Very Bad Sleep ( $P = 0.003$ ). Those Who Reported Fairly Good Sleep Had Significantly Lower Symptoms Of Depression Than Those Who Reported Fairly Bad Sleep ( $P = 0.001$ ) And Those Who Reported Very Bad Sleep ( $P = 0.001$ ). Those Who Reported Fairly Bad Sleep Had Significantly Lower Symptoms Of Depression Than Those Who Reported Very Bad Sleep ( $P = 0.001$ ).

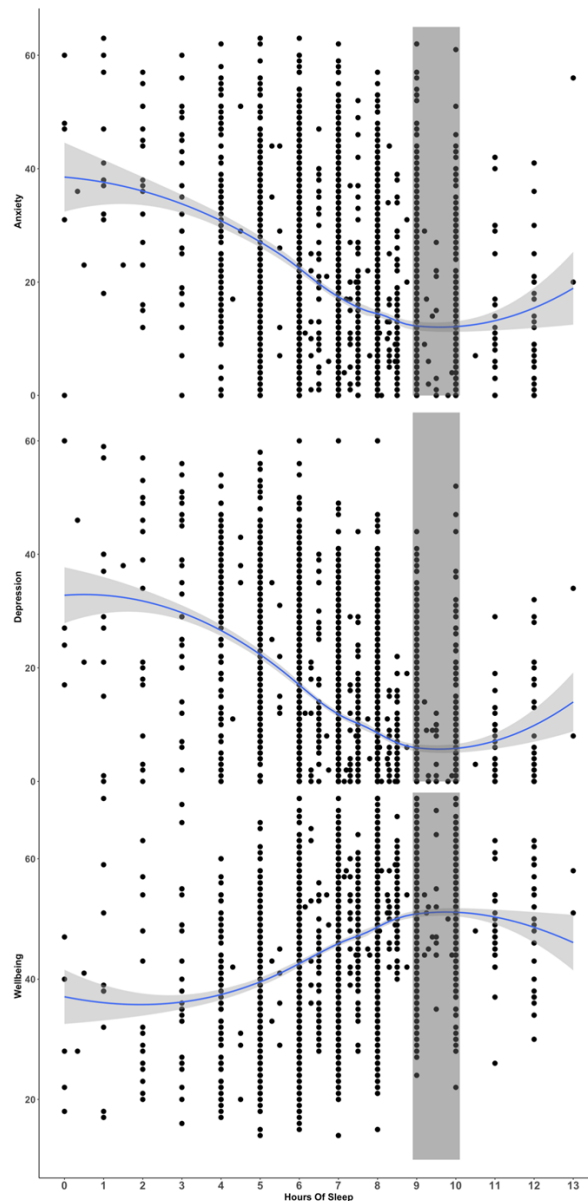
**Table 3:** Percentage of self-reported quality of sleep by gender

Quality Of Sleep	Gender	Percentage of Gender	Wellbeing Mean (SD)	Depression Mean (SD)	Anxiety Mean (SD)
Very Good	Female	19.9%	51 (8.8)	6 (3.6)	12 (10.5)
	Male	27.4%	53 (8.5)	4 (3.5)	9 (9.2)
Fairly Good	Female	51.8%	47 (7.8)	11 (4.4)	18 (11.8)
	Male	51.3%	50 (7.7)	7 (4.1)	12 (9.7)
Fairly Bad	Female	22.1%	40 (8.6)	20 (5.9)	26 (13.6)
	Male	16.3%	45 (8.3)	13 (4.9)	17 (11.6)

<b>Very Bad</b>	Female	6.1%	37 (10.1)	28 (7.4)	32 (14.2)
	Male	4.8%	44 (10.7)	21 (7.7)	24 (15.2)

**Wellbeing:** Participants Who Reported 8 To 10 Hours Of Sleep Had Significantly Greater Wellbeing ( $P < 0.001$ ) Than All Sub-Groups Who Reported Less Than 8 Hours Of Sleep (Table 2). One-Way ANOVA Found Significant Differences Between Self-Reported Quality Of Sleep And Wellbeing After Bonferroni Correction. Those Who Reported Very Good Sleep Had Significantly Higher Wellbeing Than Those Who Reported Fairly Good Sleep ( $P = 0.004$ ), Fairly Bad Sleep ( $P = 0.004$ ) And Very Bad Sleep ( $P = 0.001$ ). Those Who Reported Fairly Good Sleep Had Significantly Higher Wellbeing Than Those Who Reported Fairly Bad Sleep ( $P = 0.003$ ) And Those Who Reported Very Bad Sleep ( $P = 0.007$ ). Those Who Reported Fairly Bad Sleep Had Significantly Higher Wellbeing Than Those Who Reported Very Bad Sleep ( $P = 0.007$ ).





### **Associations Between Self-Reported Hours Of Sleep With Symptoms Of Anxiety, Depression And Wellbeing:**

A Curvilinear Relationship Was Observed Between Self-Reported Hours Of Sleep And All Three Psychological Outcomes And Can Be Seen In Figure 2. Participants Who Reported 9 To 10 Hours Of Sleep Are Associated With The Lowest Symptoms Of Anxiety And Depression, And Highest Levels Of Wellbeing. Linear Mixed-Models With Fixed Effects For Gender, Year And Physical Activity Observed That Hours Of Sleep Had A Significant

Effect On Depression, Anxiety And Wellbeing Even When Controlling For Gender, Year And Physical Activity. Outputs Can Be Seen In Table 4.

**Table 4:** Model Outputs

Predictors	Estimates	Confidence Intervals	p
<b>Depression</b>			
(Intercept)	15.92	15.30 – 16.53	<0.001
Sleep Duration	0.00	0.00 – 0.00	<0.001
Gender [Male]	-4.11	-4.68 – -3.55	<0.001
Physical Activity	-0.45	-0.53 – -0.38	<0.001
R <sup>2</sup> /R <sup>2</sup> adjusted	0.073/0.072		
<b>Anxiety</b>			
(Intercept)	22.61	21.98 – 23.32	<0.001
Sleep Duration	0.00	0.00 – 0.00	<0.001
Gender [Male]	-6.10	-6.76 – -5.44	<0.001
Physical Activity	-0.47	-0.56 – -0.38	<0.001
R <sup>2</sup> /R <sup>2</sup> adjusted	0.089/0.089		
<b>Wellbeing</b>			
(Intercept)	41.77	41.26 – 42.28	<0.001
Sleep Duration	-0.00	-0.00 – -0.00	0.002
Gender [Male]	3.24	2.77 – 3.72	<0.001
Physical Activity	0.54	0.47 – 0.60	<0.001
R <sup>2</sup> /R <sup>2</sup> adjusted	0.093/0.093		

### Self-Reported Sleep And Physical Activity

In Our Sample, 63% Of Males And 63.7% Of Females Who Met Physical Activity Recommendations Also Met The Recommended 8-10 Hours Of Sleep Per Night And Can Be Seen In Table 5. 57.5% Of Males And 51.9% Of Females Who Did Not Meet Physical Activity Recommendations Met Recommendations For Good Sleep Hygiene For Adolescents. 62.3% Of Males And 58.8% Of Females In The Most Active Group Met Recommendations For Good Sleep Hygiene. 57.4% Of Males And 52.2% Of Females In The Somewhat Active Group Met Recommendations For Good Sleep Hygiene. 41% Of Males And 42.6% Of Females In The Least Active Group Met Recommendations For Good Sleep Hygiene.

**Table 5:** Percentage of males and females achieving 8-10 hours of sleep by physical activity sub-category

Physical Activity Subgroup	Female	Male
Meeting PA Guidelines	63.7%	63.0%
Not Meeting PA Guidelines	51.9%	57.5%

<b>Least Active</b> (0-3 days)	42.6%	41.0%
<b>Somewhat Active</b> (4-7 days)	52.2%	57.4%
<b>Most Active</b> (8-14 days)	58.8%	62.3%

Self-Reported Sleep Quality Varied Across Physical Activity Sub-Categories And Are Detailed In Table 6. 36% Of Those Who Met The Physical Activity Recommendations Rated Sleep As Very Good, 44.5% Rated Sleep As Fairly Good, 13.9% Rated Sleep As Fairly Bad, And 5.6% Rated Sleep As Very Bad. 22% Of Those Who Did Not Meet The Physical Activity Recommendations Rated Sleep As Very Good, 52.2% Rated Sleep As Fairly Good, 20.2% Rated Sleep As Fairly Bad, And 5.5% Rated Sleep As Very Bad.

**Table 6:** Self-reported quality of sleep by physical activity sub-category

Physical Activity Subgroup	Very Good	Fairly Good	Fairly Bad	Very Bad
<b>Meeting PA Guidelines</b>	36.0%	44.5%	13.9%	5.6%
<b>Not Meeting PA Guidelines</b>	22.0%	52.2%	20.2%	5.5%
<b>Least Active</b> (0-3 days)	14.0%	17.6%	22.5%	26.3%
<b>Somewhat Active</b> (4-7 days)	34.6%	37.0%	39.2%	35.9%
<b>Most Active</b> (8-14 days)	51.4%	45.3%	38.2%	37.8%

## Discussion

This Cross-Sectional Study Sought To Identify The Percentage Of Male And Female Irish Adolescents Who Met The US National Sleep Foundation’s Recommendations Of “8-10 Hours Per Night” (Hirshkowitz Et Al., 2015). The Authors Also Sought To Explore The Impact That Self-Reported Sleep Has On Mental Health Outcomes, Particularly Wellbeing And Symptoms Of Anxiety And Depression, And How Levels Of Physical Activity

May Contribute To This. On Average, 55.5% Of Irish Adolescents Achieved The Recommended Amount With More Males (58%) Reporting 8-10 Hours Of Sleep Than Females (53%) As Can Be Seen In Table 1. This Is Slightly More Than A Previous Investigation Of Sleep In Irish Adolescents Who Found That 52% Of Males Achieved 8-10 Hours Compared To 44% Of Females (Dooley, O'Connor, Fitzgerald & O'Reilly, 2019). First Years (75%) And Second Years (60.5%) Were More Likely To Report 8-10 Hours Of Sleep Per Night, While Adolescents In Senior Cycle (Transition, 5<sup>th</sup> Or 6<sup>th</sup> Year) Were Less Likely To Report 8-10 Hours Per Night With The Largest Reduction In Females From Third Year To Transition Year And The Largest In Males From Transition Year To Fifth Year. This Is Consistent With Dooley Et Al's (2019) Previous Investigation Who Also Found That Sixth Year Had The Lowest Percentage Of Students Meeting The Recommendations For Sleep Duration. Of The Adolescents Surveyed, 26.5% Reported Getting 6-8 Hours Of Sleep While 14% Reported 5-6 Hours. A Further 3% Reported Less Than 5 Hours Or Greater Than 10 Hours. This Is Inconsistent With Dooley Et Al (2019) Who Reported 46% Getting 6-7 Hours Per Night And Only 7% Getting 0-5 Hours, Which Suggests A Twofold Increase In The Amount Of Irish Adolescents Who Are Well Below The Recommendations For Adequate Duration Of Sleep.

While Consistent With Previous Research In Ireland, A Larger Percentage Of Males Meeting Sleep Recommendations Is In Contrast To International Research Who Found That Males Sleep Less And Go To Bed Later Than Females (Keyes, Maslowsky, Hamilton & Schulenberg, 2015). Irish Adolescents Are Slightly Above The Norm In Terms Of Adequate Sleep But Still Below The 86% Of Flemish Belgian Adolescents Who Sleep 8-10 Hours Per Night, Although They Are Well Ahead Of Other Countries Such As Poland (32%), Greece (35%), And Slovenia (38%) As Was Reported By The Health Behaviour In School-Aged Children's Study (Garipey Et Al., 2020). Sleep Patterns Changing With Age Is In Line With Previous Studies (Gradisar, Gardner & Dohnt, 2011; Olds Et Al., 2010). Older Adolescents Have Consistently Been Found To Sleep Less, Go To Bed Later And Experience Greater Social Jetlag Than Younger Adolescents (Garipey Et Al., 2020). These Changes Reflect The Normative Developmental Course Of The Circadian Clock, Which Shifts Toward Evening-Ness Around Puberty, Peaks At Around Age 16 Years, And Shifts Back In Early Adulthood (Randler, Fabl & Kalb, 2017). Increased Schoolwork Along With Greater Use Of Social Media And Electronic Devices Add To The Biological Tendency Of Older Adolescents To Fall Asleep At A Later Time. Older Adolescents Are Also Afforded Greater Autonomy By Their Parents In Terms Of Selecting Sleep Times (Pyper, Harrington & Manson, 2017). It Must Be Noted That Sleep Patterns Were Examined Across Year Group And Not Pubertal Development.

Changes In Adolescent Sleep Patterns Have Been Attributed To Hormonal And Physiological Changes Related To Puberty More Than Age (Sadeh, Dahl, Shahar & Rosenblat-Stein, 2009) And So Could Be Explored Further In Future Research.

As Reported By Murphy, Sweeney And Mcgrane (2020), 4 Out Of 10 Irish Adolescents Suffered From Elevated Symptoms Of Anxiety And Depression Prior To The Onset Of Covid-19 And This Had Risen To 46% During Restrictions (Murphy Et Al., 2021). The Lowest Symptoms Of Anxiety And Depression Found In This Sample Were In Adolescents Who Reported Adequate Sleep, With Incremental Increases In Symptoms As Sleep Decreased. This Inverse Association Between Sleep And Mental Ill-Health Has Also Been Found In Objective Measures Of Sleep Such As Polysomnography (Moore, Bardwell, Ancoli-Israel & Dimsdale, 2001). As Can Be Seen In Figure 2, 9-10 Hours Of Sleep Appears To Have The Strongest Association With Mental Wellbeing And Reduced Symptoms Of Anxiety And Depression. Prospective Studies Have Previously Demonstrated That Sleep Problems And/Or Sleep Deprivation Increase The Risk For Subsequent Mental/Emotional Dysfunction In Adolescents (Gregory & O'Connor, 2002) With Shorter Sleep Increasing The Risk For Depressive Symptoms And Low Self-Esteem Both Concurrently And Over Time (Fredriksen, Rhodes, Reddy & Way, 2004). Studies Looking At The Associations Between Sleep And Psychosocial Outcomes Have Largely Focused On Sleep Restriction And Adolescents With Sleep Problems. One Such Study, Which Examined Elements Of Psychological And Social Functioning Such As Self-Esteem, Depression, Perceived Mental Health, Life Satisfaction, Relations With Parents And Social Support Found That Baseline Insomnia Increased The Risk For All Subsequent Psychosocial Outcomes In A Dose Response Manner (Roberts Et Al., 2009). These Associations Were Maintained For Self-Esteem, Depression And Social Support Even After Adjusting For Age, Gender, Parental Education And Concurrent Insomnia At Follow Up With Severe Insomnia Increasing All Risks By Nearly Twofold. Low Life Satisfaction And Low Levels Of Perceived Mental Health Have Consistently Been Found In Multivariate Analyses (Shochat, Cohen-Zion & Tzischinsky, 2014). Temporal Associations Between Inadequate Sleep And Mental Ill-Health Were Explored Through A Series Of Retrospective Interviews With Over 1000 Japanese Adolescents (Kaneita Et Al., 2009). Over 50% Of Adolescents With Insomnia Had A Comorbid Psychiatric Disorder With Anxiety Increasing The Risk For Insomnia, Whereas Insomnia Increased The Risk For Depression. This Suggests A Bi-Directional Relationship Between Inadequate Sleep And Mental Ill-Health Which Was Previously Suggested As A Possible Mechanism By Lubans Et Al (2016), In Particular How Participation In Physical Activity May Improve Sleep Duration, Sleep Efficiency (Stone,

Stevens & Faulkner, 2013), Sleep Onset Latency (Lang Et Al., 2013) And Reduced Sleepiness (Gaina Et Al., 2007). Physical Activity Has Also Been Shown To Positively Influence Self-Regulation And Coping Skills That Have Subsequent Implications For Mental Health (Lubans Et Al., 2016).

The Associations Between Self-Reported Sleep Quantity And Symptoms Of Anxiety And Depression Appear To Mirror The Associations With Wellbeing. 9-10 Hours Also Seemed To Be The “Sweet-Spot” For Our Sample Of Adolescents. Research Investigating Positive Psychological States And Sleep Has Increased Alongside The Growth Of Positive Psychology As A Construct In Its Own Right. One Such Investigation, Found That Aspects Of Eudaimonic Wellbeing, Including Purpose In Life, Environmental Mastery, And Positive Relationships, Were Positively Associated With Good Sleep In A Cohort Of Older Adults (Ryff, Singer & Dienberg, 2004). The Authors Observed That The Environmental Mastery Component Of Eudaimonic Wellbeing Was Positively Associated With Sleep Duration And The Amount Of Rapid Eye Movement (REM) Sleep, And Negatively With Delay To The First Onset Of REM. Steptoe Et Al (2008) Found That Positive Affect And Eudaimonic Wellbeing Were Associated With Fewer Sleep Problems Independently Of Age, Gender, Household Income, Employment Status And Self-Rated Health. The Causal Influence Of Sleep On Wellbeing, Or Vice Versa, Is Unclear From The Current Study. Steptoe Et Al (2008) Found That Sleep Problems Were Commonly Reported By Participants Experiencing High Financial Strain, High Psychological Distress, And More Negative Social Interactions, All Of Which Have A Negative Impact On Wellbeing. They Suggest That Happier Individuals, With A Greater Sense Of Purpose And Positive Orientation, May Be Protected In Part From The Adverse Impact Of Stress And Adversity, Therefore Less Likely To Suffer From Sleep Disturbances. It Is Also Likely That Poor Sleep Both Engenders Lower Positive Affect And Reduced Eudaimonic Wellbeing, And That Positive Psychological States Lead To Better Sleep. This Has Been Reinforced By Recent Findings From A Web-Based Survey Involving 1165 Participants That Suggests People Who Sleep Poorly Are More Likely To Report Negative Emotions Than Persons Who Sleep Well And That Worse-Than-Usual Sleep Is Followed By More Negative Emotions The Day After (Narmandakh, Oldehinkel, Masselink, De Jonge & Roest, 2021).

Accumulating Evidence Suggests A Number Of Health Benefits For Adolescents, Both Independently And Combined, From Increased Physical Activity And Sleep (Saunders Et Al., 2016). Both Physical Activity And Sleep Have Demonstrated Significant Inverse Associations With Depression, Even After Controlling For Age, Gender And Socioeconomic Backgrounds. The Current Study Has Demonstrated That Higher Volumes Of Physical Activity Were Positively Associated With More Hours Of Self-Reported Sleep And

Higher Self-Reported Sleep Quality. A Previous Longitudinal Study Found That Depressive Symptoms, Physical Activity And Sleep Disturbances Were Significantly Interrelated Over Time With Initial Levels Of Depressive Symptoms Predicting Increases In Sleep Disturbance And Initial Levels Of Sleep Disturbance Predicting Decreases In Physical Activity (Raudsepp & Vink, 2019). Two Main Hypotheses Have Been Suggested As To The Mechanisms Through Which Sleep Is Positively Impacted By Physical Activity. Higher Levels Of Activity May Produce Physiological Changes That Are Favourable To Sleep Regulation. An Experimental Trial In Young Adolescents Found That Exposure To High-Intensity Exercise Resulted In A Significant Rise In The Proportion Of Slow Wave Sleep, Greater Sleep Efficiency And Shorter Sleep Onset Latency (Dworak Et Al., 2008) While Another Trial In Older Adolescents Found Three Consecutive Weeks Of Morning Running Led To Increased Objective Measures Of Total Sleep And Decreased Objective Sleep Onset Latency (Kalak Et Al., 2012). The Second Hypothesis Suggests The Sleep-Promoting Effects Of Increased Physical Activity Are Mediated By Psychological Functioning (Biddle & Mutrie, 2008), Such As Reduced Symptoms Of Anxiety, Depression And Stress Through Physical Activity (Dunn, Trivedi, Kampert, Clark & Chambliss, 2005).

### **Limitations**

While The Large Representative Sample Was A Strength Of The Study, The Use Of Self-Report Measures Is A Limitation. Future Investigations Should Look To Include Objective Measures Of Physical Activity And Sleep In A Sub-Sample To Check For Validity Of Reporting. Previous Investigations Have However Shown That Adolescents With Higher Subjective And Objective Physical Activity Levels Are More Likely To Experience A Good Night's Sleep Subjectively And Objectively. It Must Be Noted That Studies Relating Physical Activity To Sleep Where Both Measures Were Assessed Subjectively Or Objectively Identified Larger Effect Sizes, Than Those Combining Subjective With Objective Measures. Data Collection For This Study Took Place In October Which May Also Have Had An Effect On Sleeping Patterns Due To The Shortening Of Daylight Hours. Also, It Must Be Acknowledged That An Observational Study Cannot Reliably Predict A Cause And Effect Relationship Between Sleep And Wellbeing. An Interventional Study Would Be Required To Show That Increasing Sleep Or Increasing Physical Activity Leads To Enhanced Wellbeing.

### **Conclusion**

This Study Supports The Link Between Daily Physical Activity, Sleep And Mental Health Outcomes In A Sample Of Irish Adolescents. Sleep Was

Found To Have A Significant Association With Positive And Negative Markers Of Mental Health In Adolescents. Mental Health Was Significantly Reduced With Less Sleep And Lower Quality Of Sleep. The Current Findings Suggest That 9-10 Hours Of Sleep Is The Optimal Amount For Both Enhanced Wellbeing And Reduced Symptoms Of Anxiety And Depression. Higher Volumes Of Physical Activity, And Engagement In More Sports, Were Significantly Associated With More And Better Sleep Which May Explain, In Part, The Positive Effect Physical Activity And Engagement In Sport Has On Mental Health And Wellbeing In Adolescents. The Results Of This Study Can Be Used To Support And Inform School And Community-Based Interventions With Aims To Employ Multicomponent Behaviour Modifications To Improve Multiple Health Markers That Have Positive Effects On Each Other.

### **Acknowledgements**

The Authors Wish To Thank The Trial Participants, Whose Willingness To Take Part Made This Study Possible. The Authors Are Also Grateful To The Participating School For Facilitating Testing And Completion Of Questionnaires During School Time.

### **References:**

1. Biddle, S. J., & Mutrie, N. (2007). *Psychology Of Physical Activity: Determinants, Well-Being And Interventions*. Routledge.
2. Burns, R. D., Fu, Y., Brusseau, T. A., Clements-Nolle, K., & Yang, W. (2018). Relationships Among Physical Activity, Sleep Duration, Diet, And Academic Achievement In A Sample Of Adolescents. *Preventive Medicine Reports*, 12, 71-74.
3. Buysse, D. J., Reynolds III, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A New Instrument For Psychiatric Practice And Research. *Psychiatry Research*, 28(2), 193-213.
4. Carskadon, M. A., Acebo, C., & Jenni, O. G. (2004). Regulation Of Adolescent Sleep. *Ann NY Acad Sci*, 1021, 276-291.
5. Dahl, R. E., & Lewin, D. S. (2002). Pathways To Adolescent Health Sleep Regulation And Behavior. *Journal Of Adolescent Health*, 31(6), 175-184.
6. Dewald, J. F., Meijer, A. M., Oort, F. J., Kerkhof, G. A., & Bögels, S. M. (2010). The Influence Of Sleep Quality, Sleep Duration And Sleepiness On School Performance In Children And Adolescents: A Meta-Analytic Review. *Sleep Medicine Reviews*, 14(3), 179-189.
7. Dooley, O'Connor, Fitzgerald & O'Reilly, (2019). *My World Survey II: National Study Of Youth Mental Health In Ireland*. Jigsaw And UCD School Of Psychology.



8. Dunn, A. L., Trivedi, M. H., Kampert, J. B., Clark, C. G., & Chambliss, H. O. (2005). Exercise Treatment For Depression: Efficacy And Dose Response. *American Journal Of Preventive Medicine*, 28(1), 1-8.
9. Dworak, M., Wiater, A., Alfer, D., Stephan, E., Hollmann, W., & Strüder, H. K. (2008). Increased Slow Wave Sleep And Reduced Stage 2 Sleep In Children Depending On Exercise Intensity. *Sleep Medicine*, 9(3), 266-272.
10. Foti, K. E., Eaton, D. K., Lowry, R., & Mcknight-Ely, L. R. (2011). Sufficient Sleep, Physical Activity, And Sedentary Behaviors. *American Journal Of Preventive Medicine*, 41(6), 596-602.
11. Fredriksen, K., Rhodes, J., Reddy, R., & Way, N. (2004). Sleepless In Chicago: Tracking The Effects Of Adolescent Sleep Loss During The Middle School Years. *Child Development*, 75(1), 84-95.
12. Gaina, A., Sekine, M., Hamanishi, S., Chen, X., Wang, H., Yamagami, T., & Kagamimori, S. (2007). Daytime Sleepiness And Associated Factors In Japanese School Children. *The Journal Of Paediatrics*, 151(5), 518-522.
13. Gangwisch, J. E., Babiss, L. A., Malaspina, D., Turner, B. J., Zammit, G. K., & Posner, K. (2010). Earlier Parental Set Bedtimes As A Protective Factor Against Depression And Suicidal Ideation. *Sleep*, 33(1), 97-106.
14. Garipey, G., Danna, S., Gobiņa, I., Rasmussen, M., De Matos, M. G., Tynjälä, J., ... & Schnohr, C. (2020). How Are Adolescents Sleeping? Adolescent Sleep Patterns And Sociodemographic Differences In 24 European And North American Countries. *Journal Of Adolescent Health*, 66(6), S81-S88.
15. Giannotti, F., Cortesi, F., Sebastiani, T., & Ottaviano, S. (2002). Circadian Preference, Sleep And Daytime Behaviour In Adolescence. *Journal Of Sleep Research*, 11(3), 191-199.
16. Gomez, R. L., Newman-Smith, K. C., Breslin, J. H., & Bootzin, R. R. (2011). Learning, Memory, And Sleep In Children. *Sleep Medicine Clinics*, 6(1), 45-57.
17. Gradisar, M., Gardner, G., & Dohnt, H. (2011). Recent Worldwide Sleep Patterns And Problems During Adolescence: A Review And Meta-Analysis Of Age, Region, And Sleep. *Sleep Medicine*, 12(2), 110-118.
18. Gregory, A. M., & O'connor, T. G. (2002). Sleep Problems In Childhood: A Longitudinal Study Of Developmental Change And Association With Behavioral Problems. *Journal Of The American Academy Of Child & Adolescent Psychiatry*, 41(8), 964-971.
19. Hirshkowitz, M., Whiton, K., Albert, S. M., Alessi, C., Bruni, O., DonCarlos, L., ... & Neubauer, D. N. (2015). National Sleep

- Foundation's Sleep Time Duration Recommendations: Methodology And Results Summary. *Sleep Health*, 1(1), 40-43.
20. Johnson, E. O., Roth, T., & Breslau, N. (2006). The Association Of Insomnia With Anxiety Disorders And Depression: Exploration Of The Direction Of Risk. *Journal Of Psychiatric Research*, 40(8), 700-708.
  21. Kalak, N., Gerber, M., Kirov, R., Mikoteit, T., Yordanova, J., Pühse, U., ... & Brand, S. (2012). Daily Morning Running For 3 Weeks Improved Sleep And Psychological Functioning In Healthy Adolescents Compared With Controls. *Journal Of Adolescent Health*, 51(6), 615-622.
  22. Kaneita, Y., Yokoyama, E., Harano, S., Tamaki, T., Suzuki, H., Munezawa, T., ... & Ohida, T. (2009). Associations Between Sleep Disturbance And Mental Health Status: A Longitudinal Study Of Japanese Junior High School Students. *Sleep Medicine*, 10(7), 780-786.
  23. Kenney, E. L., & Gortmaker, S. L. (2017). United States Adolescents' Television, Computer, Videogame, Smartphone, And Tablet Use: Associations With Sugary Drinks, Sleep, Physical Activity, And Obesity. *The Journal Of Pediatrics*, 182, 144-149.
  24. Keyes, K. M., Maslowsky, J., Hamilton, A., & Schulenberg, J. (2015). The Great Sleep Recession: Changes In Sleep Duration Among US Adolescents, 1991–2012. *Pediatrics*, 135(3), 460-468.
  25. Kredlow, M. A., Capozzoli, M. C., Hearon, B. A., Calkins, A. W., & Otto, M. W. (2015). The Effects Of Physical Activity On Sleep: A Meta-Analytic Review. *Journal Of Behavioral Medicine*, 38(3), 427-449.
  26. Liu, X., Buysse, D. J., Gentzler, A. L., Kiss, E., Mayer, L., Kapornai, K., ... & Kovacs, M. (2007). Insomnia And Hypersomnia Associated With Depressive Phenomenology And Comorbidity In Childhood Depression. *Sleep*, 30(1), 83-90.
  27. Magee, C., Caputi, P., & Iverson, D. (2014). Lack Of Sleep Could Increase Obesity In Children And Too Much Television Could Be Partly To Blame. *Acta Paediatrica*, 103(1), E27-E31.
  28. Moore, P., Bardwell, W. A., Ancoli-Israel, S., & Dimsdale, J. E. (2001). Association Between Polysomnographic Sleep Measures And Health-Related Quality Of Life In Obstructive Sleep Apnoea. *Journal Of Sleep Research*, 10(4), 303-308.
  29. Murphy, J., Sweeney, M. R., & Mcgrane, B. (2020). Physical Activity And Sports Participation In Irish Adolescents And Associations With Anxiety, Depression And Mental Wellbeing. Findings From The

- Physical Activity And Wellbeing (Paws) Study. *Physical Activity And Health*, 4(1).
30. Murphy, J., Mcgrane, B., & Sweeney, M. R. (2021). Physical Activity, Mental Health And Wellbeing Of Irish Adolescents During Covid-19 Restrictions. A Re-Issue Of The Physical Activity And Wellbeing Study (PAWS). *Physical Activity And Health*, 5(1), Pp. 215–228.
  31. Narmandakh, A., Oldehinkel, A. J., Masselink, M., De Jonge, P., & Roest, A. M. (2021). Affect, Worry, And Sleep: Between-And Within-Subject Associations In A Diary Study. *Journal Of Affective Disorders Reports*, 100134.
  32. Pyper, E., Harrington, D., & Manson, H. (2017). Do Parents' Support Behaviours Predict Whether Or Not Their Children Get Sufficient Sleep? A Cross-Sectional Study. *BMC Public Health*, 17(1), 432.
  33. Randler, C., Faßl, C., & Kalb, N. (2017). From Lark To Owl: Developmental Changes In Morningness-Eveningness From New-Borns To Early Adulthood. *Scientific Reports*, 7, 45874.
  34. Raniti, M. B., Waloszek, J. M., Schwartz, O., Allen, N. B., & Trinder, J. (2018). Factor Structure And Psychometric Properties Of The Pittsburgh Sleep Quality Index In Community-Based Adolescents. *Sleep*, 41(6), Zsy066.
  35. Raudsepp, L., & Vink, K. (2019). Brief Report: Longitudinal Associations Between Physical Activity, Sleep Disturbance And Depressive Symptoms In Adolescent Girls. *Journal Of Adolescence*, 72, 37-41.
  36. Ryff, C. D., Singer, B. H., & Dienberg Love, G. (2004). Positive Health: Connecting Well-Being With Biology. *Philosophical Transactions Of The Royal Society Of London. Series B: Biological Sciences*, 359(1449), 1383-1394.
  37. Sadeh, A., Dahl, R. E., Shahar, G., & Rosenblat-Stein, S. (2009). Sleep And The Transition To Adolescence: A Longitudinal Study. *Sleep*, 32(12), 1602-1609.
  38. Saunders, T. J., Gray, C. E., Poitras, V. J., Chaput, J. P., Janssen, I., Katzmarzyk, P. T., ... & Carson, V. (2016). Combinations Of Physical Activity, Sedentary Behaviour And Sleep: Relationships With Health Indicators In School-Aged Children And Youth. *Applied Physiology, Nutrition, And Metabolism*, 41(6), S283-S293.
  39. Shochat, T., Cohen-Zion, M., & Tzischinsky, O. (2014). Functional Consequences Of Inadequate Sleep In Adolescents: A Systematic Review. *Sleep Medicine Reviews*, 18(1), 75-87.
  40. Spiegel, K., Tasali, E., Penev, P., & Cauter, E. V. (2004). Brief Communication: Sleep Curtailment In Healthy Young Men Is Associated With Decreased Leptin Levels, Elevated Ghrelin Levels,

And Increased Hunger And Appetite. *Annals Of Internal Medicine*, 141(11), 846-850.

41. Steptoe, A., O'Donnell, K., Marmot, M., & Wardle, J. (2008). Positive Affect, Psychological Well-Being, And Good Sleep. *Journal Of Psychosomatic Research*, 64(4), 409-415.
42. Stone, M. R., Stevens, D., & Faulkner, G. E. (2013). Maintaining Recommended Sleep Throughout The Week Is Associated With Increased Physical Activity In Children. *Preventive Medicine*, 56(2), 112-117.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Strategies D'adaptation Des Agropasteurs Aux Changementsclimatiques Dans La Commune Rurale De Diema (Mali)**

***Mamadou Coulibaly,***

***Siaka Samake,***

Institut d'Economie Rurale (IER), Bamako, Mali

***Brehima N'diaye,***

Inspection du Ministère de l'Environnement, de l'Assainissement et du Développement Durable (MEADD), Bamako, Mali

***Mahamadou Malle,***

***Dommo Timbely,***

Institut D'economie Rurale (Ier), Bamako, Mali

***Mariam Coulibaly,***

***Djibrilla Cisse,***

Ecole Normale Supérieure, Bamako, Mali,

***Sanoussi Atta,***

Centre Régional Agrhymet, Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n8p21](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p21)

Submitted: 18 August 2021

Accepted: 04 February 2022

Published: 28 February 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Coulibaly M., Samake S., N'diaye B., Malle M., Timbely D., Coulibaly M., Cisse D., & Atta S.,(2022). *Strategies D'adaptation Des Agropasteurs Aux Changementsclimatiques Dans La Commune Rurale De Diema (Mali)* European Scientific Journal, ESJ, 18 (8), 21.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p21>

### **Résumé**

La désertification et la dégradation des ressources naturelles induites par les changements climatiques pourraient exacerber l'insécurité alimentaire au Mali, en particulier dans les zones fragiles qui sont en déficit pluviométrique. C'est dans le but de contribuer à la résilience des agropasteurs face aux effets néfastes des changements climatiques que cette étude a été réalisée. Pour atteindre cet objectif, des enquêtes ménages ont été conduites au niveau de huit (8) villages de la commune rurale de Diéma par l'intermédiaire des fiches d'enquêtes individuelles auprès de 188 agropasteurs, des focus group dans chaque village et des entretiens avec les

personnes ressources opérant dans la zone d'étude. Les données d'enquêtes ont été traitées à l'aide du logiciel SPSS (Statistical Package on Social Science) et du tableur Excel. Les résultats ont montré que les risques climatiques majeurs identifiés sont : la sécheresse, l'inondation, le déficit pluviométrique, les vents violents, la hausse des températures et la vague de chaleur avec respectivement les indice d'impact de 39, 35, 34, 24, 22, 21. Différentes stratégies ont été développées aussi bien par le passé que de nos jours pour faire face à ces risques climatiques. Ces stratégies comprennent le déstockage stratégique et la mobilité selon 40,4 % des enquêtés ; la conservation des fourrages selon 21.3 % des enquêtés et l'organisation de la pâture nocturne et la diversification des activités (le maraîchage, le petit commerce) selon 36,7 % des enquêtés. Mais elles demeurent moins efficaces. Pour aider les agropasteurs à se prémunir davantage des effets néfastes des changements climatiques, des options d'adaptation sont envisageables notamment la sécurisation de la mobilité pastorale, l'adoption des races résistantes à la sécheresse et la promotion des cultures fourragères.

---

**Mots-clés :** Changement climatique, stratégies d'adaptation, agropasteurs, Diéma, Mali.

## **Adaptation Strategies of Agro-Pastoralists to Climate Change in the Rural Commune of Diéma (Mali)**

*Mamadou Coulibaly,*

*Siaka Samake,*

Institut d'Economie Rurale (IER), Bamako, Mali

*Brehima N'diaye,*

Inspection du Ministère de l'Environnement, de l'Assainissement et du Développement Durable (MEADD), Bamako, Mali

*Mahamadou Malle,*

*Dommo Timbely,*

Institut D'economie Rurale (Ier), Bamako, Mali

*Mariam Coulibaly,*

*Djibrilla Cisse,*

Ecole Normale Supérieure, Bamako, Mali,

*Sanoussi Atta,*

Centre Régional Agrhymet, Niamey, Niger

---

### **Abstract**

Desertification and the degradation of natural resources induced by climate change could exacerbate food insecurity in Mali, particularly in fragile areas which are in deficit in rainfall. It is with the aim of contributing to the resilience of agro-pastoralists in the face of the adverse effects of climate

change that this study was carried out. To achieve this objective, household surveys were conducted in eight (8) villages of the rural municipality of Diéma through individual survey sheets with 188 agro-pastoralists, focus groups in each village and interviews with resource persons operating in the study area. Survey data were processed using Statistical Package on Social Science (SPSS) software and an Excel spreadsheet. The results showed that the major climatic risks identified are: drought, flooding, rainfall deficit, strong winds, temperature rise and heat wave with respectively impact indexes of 39, 35, 34, 24, 22, 21. Different strategies have been developed both in the past and nowadays to deal with these climatic risks. These strategies include strategic destocking and mobility according to 40.4% of respondents; conservation of fodder according to 21.3% of respondents and organization of night grazing and diversification of activities (market gardening, petty trading) according to 36.7% of respondents. But they remain less effective. To help agro-pastoralists to protect themselves more from the harmful effects of climate change, adaptation options can be envisaged, in particular securing pastoral mobility, the adoption of drought-resistant breeds and the promotion of fodder crops.

---

**Keywords :** Climate Change, Adaptation Strategies, Agro-Pastoralists, Diéma, Mali

### **Introduction**

Il est actuellement reconnu que le changement climatique a d'importants effets néfastes sur les efforts de l'ensemble de la planète et singulièrement dans les pays en voie de développement. (Coulibaly et *al.*, 2021a). L'Afrique de l'Ouest et en particulier sa partie sahélienne a connu au cours de ces dernières décennies des perturbations majeures de ses conditions climatiques (ruptures des séries pluviométriques et hydrométriques) (Niass, 2007). Le continent africain dont le taux d'émission des gaz à effet de serre est le plus faible (<4%) est présenté comme le continent le plus vulnérable aux chocs climatiques (GIEC, 2014).

Les différentes simulations réalisées démontrent que les changements climatiques vont surtout affecter le secteur rural des pays en développement (GIEC, 2014). Toutefois, en Afrique subsaharienne, les conséquences de la variabilité et des changements climatiques sont variables d'un pays à l'autre et au sein d'un même pays (Brown & Crawford, 2007). Ses populations ont recours à toute une panoplie de stratégies pour pallier aux aléas climatiques (Woodfine, 2009).

Au Mali l'économie est essentiellement basée sur le secteur agro-sylvo-pastoral qui contribue à près de 40 % au Produit Intérieur Brut (INSTAT, 2019). Le Mali possède de grandes zones d'élevage par excellence plus particulièrement les zones de Diéma, Nara, Yélimané, Nioro au sud et les

régions du centre et du nord. Ce sous-secteur (élevage) génère 19% du PIB national et 80 % des revenus des populations des zones pastorales (INSTAT, 2019). Au Mali, les effets du climat se traduisent par une diminution de la disponibilité en eau, une augmentation des températures, des poches de sécheresse, des vents violents, une régression de potentiel en biomasse, une dégradation des pâturages, des inondations, une baisse de la productivité dans tous les secteurs socio-économiques (TCNMCC, 2018).

Dans la commune de Diéma située dans la région de Kayes, l'élevage est essentiellement extensif. Il est basé sur la disponibilité des ressources naturelles comme les pâturages et les eaux de surface. Environ 90 % de l'alimentation des animaux proviennent des pâturages naturels (Maïga, 2019). Cette situation traduit la forte dépendance de ce sous-secteur aux conditions climatiques. Il subit alors les effets néfastes de la variabilité et des changements climatiques. Cependant, face à ces risques climatiques, les stratégies d'adaptation constituent actuellement un impératif pour ces communautés vulnérables. Comme mesure d'adaptation, les agropasteurs de la région ont développé des pratiques locales telles que le stockage des résidus de récolte et de foin, l'utilisation de sous-produits agro-industriels (SPAI), la transhumance, le choix des espèces animales d'élevage résistantes (SLPIA, 2019). Ainsi, la commune de Diéma à travers son Programme de Développement Economique, Sociale et Culturel (PDESC), contribue à l'opérationnalisation de sa vision de développement exprimée dans le Plan Stratégique de Développement Régional (PSDR) de Kayes 2011-2020 en intégrant la dimension changement climatique. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette recherche dont l'objectif général est de contribuer au développement durable de la commune de Diéma à travers le renforcement de capacités de résilience de ses agropasteurs face aux effets négatifs des changements climatiques.

## **1. Matériel et méthodes**

### **2.1. Présentation de la zone d'étude**

La commune rurale de Diéma est située entre les latitudes 14°35' et 14°45' nord et les longitudes 9°20' et 9°40' ouest dans la région de Kayes qui est la première région administrative et économique du Mali. Elle est limitée :

- Au Nord par les communes rurales de Béma et Grouméra ;
- Au Sud par la commune rurale de Dianguiré ;
- À l'Est par la commune rurale de Dianguiré ;
- Au Sud-ouest, par la commune rurale de Madiga-Sacko et ;
- A l'Ouest par la commune rurale de Diangounté-Camara.

La commune de Diéma couvre une superficie totale de 1 183 km<sup>2</sup>. Elle compte 17 villages (Tinkaré, Kana, Guémou, Fangouné Bambara, Fangouné Kagoro, Fangouné Massassi, Dampa, Lacklal, Garambougou, Bougoudéré Niandé,



Bougoudéré Mahomet, Bilibani, Mambourké, Nafadji, Dindinkaré ; Souranguedou) plus la ville de Diéma. La population de la commune est estimée à 36 592 habitants (RAC, 2019). Elle est constituée de 17 742 hommes et 18 850 femmes répartis en 4 880 ménages. La population est essentiellement composée de Sarakolé, Bambara, Peulh, Maure, Kagoro. La densité moyenne est de 12 habitants au km<sup>2</sup>. Les langues de communication sont le Peulh, le Sarakolé, le Bambara et le français.

Le climat est de type soudano-sahélien avec l’alternance d’une saison pluvieuse qui s’étend de juin à septembre et d’une saison sèche longue (octobre à mai), avec des températures variantes entre 15°C et 45°C selon les saisons. La saison sèche se répartit en deux courtes saisons que sont la saison sèche fraîche (octobre-février) et la saison sèche chaude (mars-mai).

La pluviométrie est assez variable, entre 450 et 650 mm avec une moyenne de 500 mm d’eau par an. (PDSEC, 2018)

Les sols rencontrés dans cette région sont de type limoneux et limono-sableux qui sont favorables à la culture des céréales (mil, sorgho, maïs) et légumineuses (niébé, arachide, voandzou) (PDSEC, 2018).

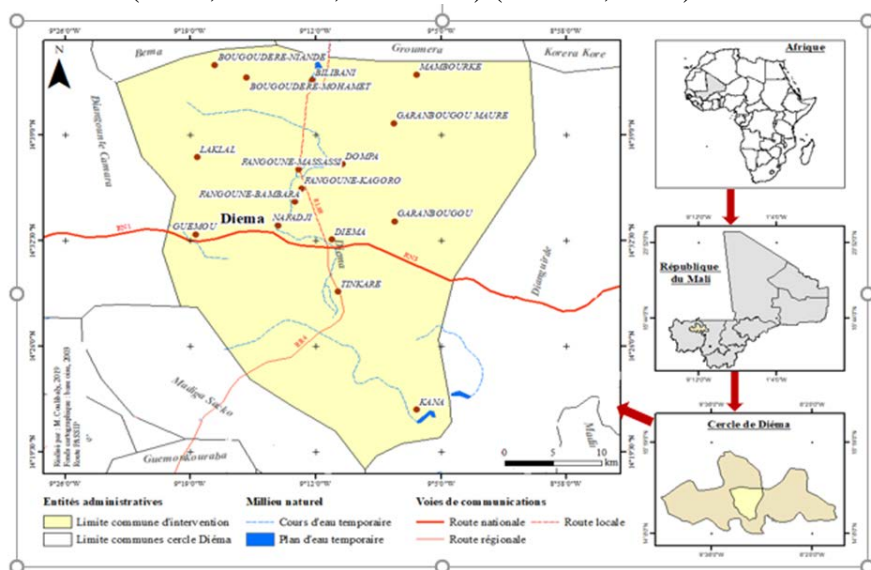


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

## Méthodologie

Des enquêtes et interviews ont été menées auprès des agropasteurs, des services techniques, Organisation Non Gouvernementale (ONG), associations et personnes-ressources de la zone. Pour ce faire :

- Une fiche d'enquête individuelle a été adressée aux chefs de ménage ;
- Un focus group a été effectué auprès des groupements et associations des agropasteurs. À travers ce focus group, la matrice d'adaptation a

permis d'évaluer les mesures d'adaptation pour faire face aux changements climatiques ;

- Ensuite un guide d'entretien a été renseigné auprès des agents des services techniques, ONG, projets et personnes ressources.

### **2.1.1. Déroulement de l'enquête**

Les enquêtes sur le terrain ont été effectuées du 12 au 30 novembre 2019. L'objectif visé à travers l'enquête est de collecter des informations sur les connaissances endogènes des stratégies d'adaptation des populations sur les changements climatiques. Un total de 188 chefs de ménage agropasteurs âgés d'au moins 40 ans ont été enquêtés individuellement afin de collecter des données. Ensuite, une séance de « focus group » a été réalisée par village. Pour compléter ces informations, 15 agents des services déconcentrés de l'Etat, des ONG et des personnes ressources ont été interviewés.

#### **❖ Enquête individuelle**

Le questionnaire fait ressortir une comparaison du passé c'est-à-dire les données d'avant les trente dernières années (avant) par rapport à un passé récent (actuel) soit les trente dernières années. L'enquête a porté sur les grandes lignes, à savoir :

- L'identification du ménage agropasteur ;
- Les caractéristiques sociodémographiques et économiques ;
- Les impacts socio-économiques et environnementaux de la variabilité et du changement climatique sur le système agropastoral à savoir les animaux, les ressources agropastorales (sols, eaux, pâturages, cultures...) et les agropasteurs ;
- Les mesures locales d'adaptation des agropasteurs pour faire face aux incidences climatiques.

#### **❖ Focus group**

Un focus groupe a été fait dans chaque village. Il a été facilité par un guide d'entretien comportant les paramètres suivants : (i) les caractéristiques socioprofessionnelles du groupe ; (ii) l'identification des risques climatiques majeurs ; (iii) les mesures d'adaptation passées et actuelles ainsi que l'appui des autorités.

#### **❖ Entretien avec les personnes ressources**

Des entretiens ont également eu lieu avec les cadres et agents de terrain des services déconcentrés de l'Etat, les projets, les ONG et les associations à l'aide d'un guide d'entretien. Ce guide permet (i) d'identifier les structures, (ii) le temps vécu dans la zone, (iii) et les mesures locales et leurs apports aux paysans. Il a ainsi permis de collecter des informations complémentaires auprès de ces personnes ressources.

### 2.1.2. Analyse et traitement des données

Les données d'enquêtes ont été saisies dans le logiciel Excel et analysées à l'aide du logiciel statistique SPSS à travers la statistique descriptive des fréquences et l'écart-type.

## 3. Résultats

### 3.1. Répartition par ethnies des chefs de ménages enquêtés

Dans le secteur de recherche cohabitent plusieurs groupes sociolinguistiques (figure 2).

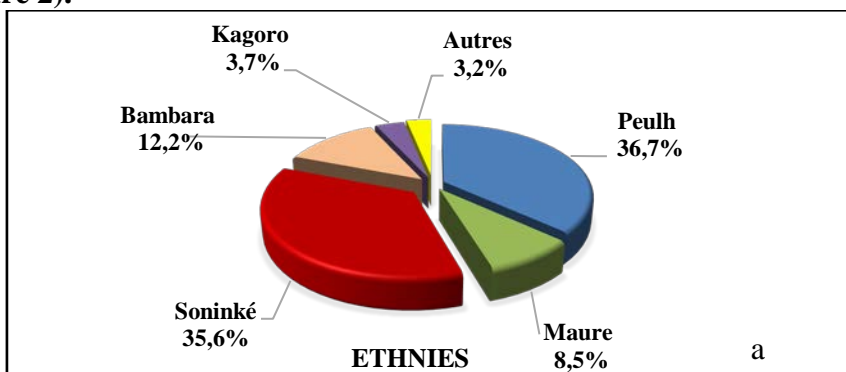


Figure 2 : Répartition par ethnies des chefs de ménages enquêtés.

Source : Enquête de terrain, Diéma, Novembre 2019.

De l'analyse de la figure 2, il ressort que La population enquêtée est composée en majorité des peulhs (36,7 %), suivis des Soninkés (35,6 %) et des Bambara (12,2 %). A ces trois groupes sociolinguistiques s'ajoutent les Kagoro (3,7 %), les Maure (8,5 %) et autres (3,2 %).

### 3.2. Évaluation des mesures d'adaptation développées par les agropasteurs

Dans cette étude, les risques climatiques majeurs identifiés sont : le déficit pluviométrique, la sécheresse, la hausse des températures et les vents violents. Parmi ces risques, la sécheresse a été classée comme le risque qui a le plus d'impact, suivi des inondations et la vague de chaleur qui a moins d'impact sur le système agropastoral. Différentes stratégies ont été développées aussi bien par le passé que de nos jours pour faire face à ces risques climatiques. Les résultats des données d'enquête auprès des ménages couplés au guide d'entretien et au focus group ont permis d'identifier des stratégies d'adaptation développées par les agropasteurs par le passé et au présent pour faire face aux effets néfastes des changements climatiques. Selon 78,6 % des personnes enquêtées, il existait des stratégies d'adaptation par le passé contre une minorité de 21,4 % qui pensent le contraire. Mais ces stratégies autrefois se limitaient essentiellement à la transhumance, au déstockage des animaux, à

l'exode, à l'entraide, et à la pratique de la chasse et de la cueillette (**Tableau I**).

**Tableau I** : Mesures d'adaptation pour les ressources alimentaires il y a 30 ans.

Mesures d'adaptations	Effectifs	Pourcentage (%)
Déstockage	40	21,3
Supplément alimentaire, transhumance	1	0,5
Supplément alimentaire	2	1,1
Transhumance	69	36,7
Déstockage, transhumance	76	40,4
<b>Total</b>	<b>188</b>	<b>100,0</b>

Source : Enquête de terrain, Diéma, Novembre 2019.

De nos jours, 96,3 % des enquêtés développent des mesures d'adaptation. Avec la multiplication des évènements climatiques comme la sécheresse, l'inondation, les vents violents et la hausse des températures, les agropasteurs avec l'appui des services techniques et des ONG, ont développé d'autres stratégies en plus des précédentes citées pour mieux s'adapter. Parmi ces stratégies, citées, il y a le stockage des résidus de récolte, la complémentation par les aliments pour bétail, la culture fourragère, la recomposition du troupeau, la diversification des activités génératrices de revenus, le maraichage, les techniques de restauration des terres dégradées, l'utilisation des semences améliorées, l'installation des puits pastoraux et le surcreusement des marres (**Tableau II**).

**Tableau II** : Mesures d'adaptation pour les ressources alimentaires actuelle.

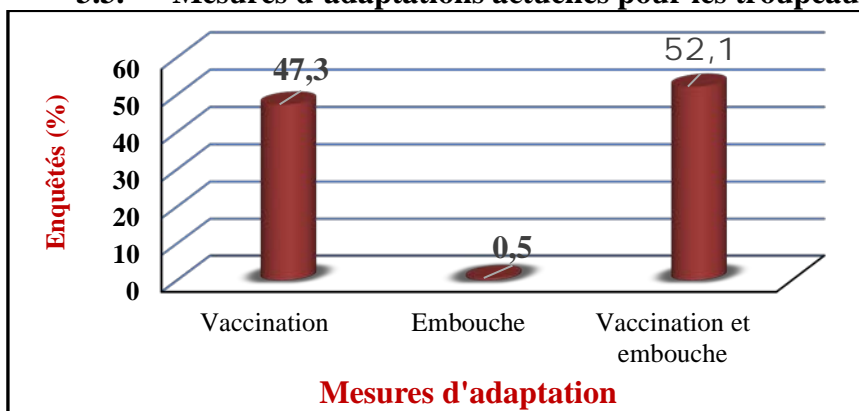
Mesures d'adaptations	Effectifs	Pourcentage (%)
Supplément alimentaire, transhumance, déstockage, recomposition du troupeau	12	6,4
Supplément alimentaire, déstockage	152	80,9
Supplément alimentaire, culture fourragère	3	1,6
Transhumance	3	1,6
Déstockage, recomposition du troupeau	18	9,6
<b>Total</b>	<b>188</b>	<b>100,0</b>

Source : Enquête de terrain, Diéma, Novembre 2019.

Ces stratégies d'adaptations énumérées dans les tableaux ci-dessus, diffèrent d'une personne à l'autre, d'une localité à l'autre, des moyens et du type d'aléas climatiques. Par exemple, certains de nos enquêtés augmentent le rythme d'abreuvement des animaux le jour et organisent des pâturages nocturnes

tandis que d'autres préfèrent garder les troupeaux dans un abri protégé pour réduire les effets néfastes de la hausse des températures.

### 3.3. Mesures d'adaptations actuelles pour les troupeaux



**Figure 3** : Mesures d'adaptation pour les troupeaux  
Source : Enquête de terrain, Diéma, Novembre 2019.

Pour mieux adapter les troupeaux aux effets du changement climatique, 52,1 % des enquêtés pratiquent la vaccination combinée à l'embouche des animaux, 47,3 % uniquement la vaccination et 0,5 % l'embouche (**Figure 3**)

### 3.4. Matrice d'adaptation

L'analyse des données d'enquêtes, couplées à celles des entretiens avec les personnes ressources ainsi que les recherches bibliographiques ont permis d'identifier les principales options d'adaptations résumées dans le tableau III.

Pour optimiser leur production dans un contexte de changement climatique, les agropasteurs adoptent une diversité d'options d'ordre technique, stratégique et institutionnelle.

Les options varient selon différents cas. Ainsi, en cas de sécheresse et déficit pluviométrique, les agropasteurs ont recours à la transhumance, la complémentation alimentaire, la reconstitution du cheptel, la fertilisation organique des sols et l'entraide. Ils font le suivis technique et sanitaire du cheptel, une bonne technique de conservation des fourrages et aliments en cas des inondations. La pratique de la pâture de nuit et le regroupement des animaux dans un abri sécurisé sont pratiqués par les agropasteurs respectivement pour l'élévation de température et les vents violents (**Tableau III**).

Le surcreusement des marres, la construction des forages et puits pastoraux, les magasins de stockage et les programmes d'aménagement des sols y compris l'accès aux intrants sont essentiellement les appuis institutionnels d'adaptation au changement climatique dans la commune de

**Diéma (Tableau III).**

Les mesures d'ordre stratégique que les agropasteurs adoptent pour faire face au changement climatique sont la diversification des activités à travers le petit commerce, l'utilisation des semences améliorées, l'exode rural, etc.

Risques	Composantes du système agropastoral					
	Ressources fourragères	Ressource en eau	Cultures	Sols	Animal	Agropasteurs
<p><b>Sécheresse et déficit Pluviométrique</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Création et valorisation des espaces pastoraux.</li> <li>- Valorisation des sous-produits agro-industriels (SPAI) ;</li> <li>- Intensification des cultures fourragères ;</li> <li>- Mise en place de banques d'aliments de bétail ;</li> <li>- Amélioration de la gestion des aliments (utilisation des broyeurs d'aliments bétail) ;</li> <li>-Sécurisation de la mobilité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction des forages et puits pastoraux ;</li> <li>- Surcreusement des marres ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promotion et subvention des semences améliorés résistants ;</li> <li>- Promotions des cultures maraîchères ;</li> <li>- Adoption de nouvelles techniques culturales (zaï, billon, demi-lune)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fertilisation organique des sols</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adoption de races améliorées ;</li> <li>-Pratique de la transhumance</li> <li>- Suivis sanitaires des animaux ;</li> <li>- Complémentation alimentaire ;</li> <li>- Reconstitution du cheptel</li> <li>- Diversification d'espèces ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entraide ;</li> <li>- Organisation du travail</li> <li>- Mise en place d'un système d'assurance pour l'élevage ;</li> <li>- Mise en place d'un système d'alerte précoce (SAP) ;</li> <li>- Renforcement des capacités techniques et organisationnelles des producteurs ;</li> <li>- Promotion des activités génératrices des revenus</li> <li>- Pratique de la transhumance.</li> </ul>

Risques	Composantes du système agropastoral					
	Ressources fourragère	Ressource en eau	Cultures	Sols	Animal	Agropasteurs
<b>Inondation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aménagement avec de bon système de drainage des espaces pastoraux ;</li> <li>- Bonne technique de conservation des fourrages et aliments.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mis en place des puits modernes</li> <li>Mettre en place de bon système de drainage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Adoption des nouvelles techniques culturales (billon par exemple) ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aménagement des sols</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suivis techniques et sanitaire du cheptel ;</li> <li>Garder les troupeaux dans les sites appropriés et infrastructures adaptées.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mise en place d'un système d'assurance pour l'élevage ;</li> <li>- Mise en place d'un système d'alerte précoce (SAP) ;</li> <li>- Renforcement des capacités techniques et organisationnelles des producteurs ;</li> <li>- Promotion des activités génératrices des revenus</li> <li>- Facilitation de l'accès au crédit ;</li> <li>- Diversification d'espèces.</li> </ul>



Risques	Composantes du système agropastoral					
	Ressources fourragère	Ressource en eau	Cultures	Sols	Animal	Agropasteurs
<b>Vague de chaleur/ Elévation de température</b>	-Amélioration des conditions de stockage et de conservation des aliments ; - Suivi sanitaire ; - Reboisement ; - Vulgarisation des semences fourragères résistantes ; -Régénération Naturelle Assistée (RNA).	-Surcreusement des mares.	- Promotion et subvention des semences améliorés résistants ;	-Aménagement des sols	-Adoption des races résistantes ; -Vaccination ; - Diversification d'espèces.	-Pratique de la pâture de nuit ; -Suivi médical ; -Mise en place d'un Système d'Alerte précoce (SAP).
<b>Vents violents</b>	- Reboisement et construction des haies vives.	- Protection des puits et puisards.	-Construction des diguettes et haies vives.	Construction des diguettes et haies vives.	Regroupement des animaux dans un abris sécurisé.	-Mise en place d'un Système d'Alerte précoce (SAP) ;

**Tableau III** : Matrice d'adaptation  
Source : Enquête de terrain, Diéma, Novembre 2019.

### 3.5. Priorisation des options d'adaptation

Les options d'adaptation sont classées du 1<sup>er</sup> au 5<sup>ème</sup> rang en tenant compte des critères définis (coût, faisabilité, rapidité, efficacité).

Le tableau IV classe les options d'adaptations « Diversification des espèces et l'adoption des nouvelles techniques culturales » au premier rang, suivi de « Valorisation des sous-produits agro-industriels (SPAI), la régénération Naturelle Assistée (RNA) et la fertilisation organique des sols » au second rang. L'intensification des cultures fourragères, le surcreusement des marres, la pratique de la transhumance et la reconstitution du cheptel sont classés au 3<sup>ème</sup> rang, suivi de l'adoption de races et des variétés améliorées résistantes, la sécurisation de la mobilité et la mise en place de banques d'aliments de bétail au 4<sup>ème</sup> rang et l'amélioration de la gestion des aliments (utilisation des broyeur d'aliments bétail), la mise en place d'un système d'assurance pour l'élevage, création et valorisation des espaces pastoraux se classent 5<sup>ème</sup>.

**Tableau 4** : Priorisation des options d'adaptation

Options d'adaptation	Coût	Faisabilité	Rapidité	Efficacité	Total	Rang
Adoption de races améliorées résistantes	1	2	2	2	7	4 <sup>ex</sup>
Adoption de variétés améliorées résistantes	1	2	2	2	7	4 <sup>ex</sup>
Amélioration de la gestion des aliments (utilisation des broyeurs d'aliments bétail)	1	2	1	2	6	5 <sup>ex</sup>
Diversification des espèces	3	3	2	2	10	1 <sup>er</sup>
Création et valorisation des espaces pastoraux.	1	2	1	2	6	5 <sup>ex</sup>
Valorisation des sous-produits agro-industriels (SPAI)	3	2	2	2	9	2 <sup>ex</sup>
Intensification des cultures fourragères	2	2	2	2	8	3 <sup>ex</sup>
Mise en place de banques d'aliments de bétail	1	2	2	2	7	4 <sup>ex</sup>
Sécurisation de la mobilité	2	2	2	1	7	4 <sup>ex</sup>
Construction des forages et puits pastoraux	1	2	1	3	7	4 <sup>ex</sup>
Surcreusement des marres	1	2	2	3	8	3 <sup>ex</sup>
Promotions des cultures maraîchères	2	3	2	2	9	2 <sup>ex</sup>

Options d'adaptation	Coût	Faisabilité	Rapidité	Efficacité	Total	Rang
Adaptation des nouvelles techniques culturelles	2	3	2	3	10	1 <sup>ex</sup>
Fertilisation organique des sols	3	2	2	2	9	2 <sup>ex</sup>
Pratique de la transhumance	2	2	2	2	8	3 <sup>ex</sup>
Reconstitution du cheptel	2	3	1	2	8	3 <sup>ex</sup>
Mise en place d'un système d'assurance pour l'élevage	1	1	1	3	6	5 <sup>ex</sup>
Mise en place d'un système d'alerte précoce (SAP)	1	2	1	3	7	4 <sup>ex</sup>
Promotion des activités génératrices des revenus	1	2	2	2	7	4 <sup>ex</sup>
Aménagement avec de bon système de drainage des espaces pastoraux	1	2	1	3	6	5 <sup>ex</sup>
Suivis techniques et sanitaire du cheptel	2	2	2	2	8	3 <sup>ex</sup>
Reboisement	2	2	1	2	7	4 <sup>ex</sup>
Régénération Naturelle Assistée (RNA)	3	2	2	2	9	2 <sup>ex</sup>
Construction des diguettes et haies vives	2	2	2	2	8	3 <sup>ex</sup>

Note (impact) : 1= Faible ; 2 = Moyen ; 3 = Elevé. Note coût : 1= Elevé ; 2= Moyen ; 3= Faible

Source : Enquête de terrain, Diéma, Novembre 2019

#### 4. Discussion

Dans la commune rurale de Diéma, les principales activités des enquêtés sont l'élevage, l'agriculture et le commerce. Le type d'élevage dominant est l'agro-pastoralisme. Cela s'explique par le fait qu'avec les perturbations climatiques qui se manifestent par la raréfaction des ressources naturelles, il s'est imposé aux pasteurs ainsi qu'aux agriculteurs de diversifier leurs activités en pratiquant l'agriculture pour les pasteurs et l'élevage pour les agriculteurs, d'où le développement de l'agro-pastoralisme dans la zone. En plus, la pratique du commerce permet aux agro-pasteurs d'accroître leurs sources de revenus. Les études similaires réalisées par Kanao et al., (2019) au Burkina Faso ont montré que la dégradation des ressources pastorales suite au changement climatique a provoqué la reconversion de beaucoup de pasteurs à l'agro-pastoralisme pour sécuriser leur ménage de la catastrophe.

Les impacts du changement climatique se manifestent chez les agropasteurs, entre autres, par un appauvrissement, une régression des valeurs de solidarité, une exacerbation des conflits. Cela est dû au manque des ressources pastorales et donc une compétition entre les différents usagers des ressources. Lorsque la productivité des terres diminue en raison de l'évolution du climat, les paysans migrent souvent vers les zones urbaines (GIEC, 2014). Face à cette situation, les agropasteurs ont mis en place des stratégies d'adaptation aux changements climatiques en rendant leurs activités moins sensibles et plus résilientes face aux évolutions du climat dont les plus répandues sont : la transhumance, la reconstitution du troupeau, l'achat d'aliment complémentaire, le déstockage, l'utilisation des résidus de récolte, le stockage d'herbe sèche, le respect des calendriers de vaccination, la diversification des sources de revenus (commerce et agriculture), l'adoption des nouvelles techniques culturales (zaï, billon, demi-lune) et l'utilisation des races et des semences améliorées.

La transhumance est une ancienne pratique développée par les agropasteurs de la zone depuis des longues années pour la recherche du fourrage et de l'eau tout en exerçant des petits commerces lors des transits. Ces résultats confirment ceux de Coulibaly, (2021b) au Mali; Ouédraogo, (2010) au Burkina Faso et de Samb, (2018) au Sénégal qui ont montré que la mobilité notamment la transhumance constitue l'une des stratégies d'adaptations les plus pratiquées par les pasteurs pour faire face au changement du climat. De nos jours, la transhumance est toujours pratiquée, mais elle diffère un peu de celle d'avant car les départs sont précoces, les retours tardifs et les distances parcourues de plus en plus longues. Dans un contexte d'incertitudes sur les ressources pastorales, la transhumance et l'achat de nourriture pour le bétail apparaissent comme un moyen de réduire la mortalité des animaux Thiam, (2008). La diversification des activités (agriculture, élevage, commerce) constitue aussi une des meilleures stratégies pratiquées par les agropasteurs non seulement pour subvenir à leurs besoins de consommation mais aussi de disposer de résidus de cultures pour les animaux. Les résultats de Nacambo, (2010) et de Naess et al., (2010) confirment ces résultats. Avec l'insuffisance du fourrage naturel, il est devenu une nécessité pour les agropasteurs d'utiliser des compléments d'aliments pour bétail pour les troupeaux. La valorisation des sous-produits agropastoraux (vente du lait, vente des fruits et légumes des jardins maraîchers) permet également aux agropasteurs d'augmenter leurs sources de revenus. Fluet, (2006) au Burkina Fasso, Dangar, (2018) au Tchad et Sarr, (2019) en Mauritanie tous unanimes sur la contribution des sous-produits agropastoraux comme source de revenus des ménages pour accroître la résilience des agropasteurs face aux aléas climatiques.

Les agropasteurs sont aidés par les ONG et les services techniques qui interviennent dans la zone dans la mise en œuvre des stratégies telles que les

cultures maraichères, la supplémentation en aliment bétail, la vulgarisation des races, des semences améliorées et les nouvelles techniques culturales. Le rapport annuel du PANA-Mali indique que les nouvelles techniques culturales comme le zaï, les demi-lunes et les cordons pierreux améliorent le potentiel de production mais augmentent également le risque en cas de sécheresse (PANA, 2007).

## 5. Conclusion

L'agro-pastoralisme qui constitue la principale activité de la commune rurale de Diéma est de nos jours affecté par la dégradation des ressources naturelles en général et plus particulièrement les ressources pastorales du fait du changement climatique. Au terme de cette étude, les résultats ont montré que pour faire face à ces risques climatiques, les agropasteurs de la commune ont développé plusieurs stratégies aussi bien par le passé et qu'actuellement. Ces stratégies sont entre autres : la transhumance, la reconstitution du troupeau, le déstockage, l'utilisation des résidus de récolte, le stockage d'herbe sèche, la diversification des sources de revenus (commerce et agriculture). Cependant ces stratégies développées par les agropasteurs ont des limites, c'est ainsi que les ONG et les services techniques de l'état interviennent dans la zone pour appuyer les agropasteurs à la mise en œuvre de certaines stratégies. Elles sont : la complémentation en aliment bétail le respect des calendriers de vaccination est cultural, l'adaptation une nouvelle technique culturale (zaï, billon, demi-lune) et l'utilisation des races et des semences améliorées.

## References:

1. Brown. O. et Crawford. A. (2007). Climate change. A new threat to stability in West Africa? Evidence from Ghana and Burkina Faso. Institut international du development durable (IIDD). African Security Review, 17 (3) ; pp. 39–57.
2. COULIBALY M., N'DIAYE B., SARRA M., COULIBALY M., SANOUSSI A. et TIMBELY D. (2021a). Vulnérabilité des agropasteurs face à la variabilité et au changement climatique dans la Commune rurale de Diéma, Mali. Afrique SCIENCE 18(5) (2021) 66 gv– 85.
3. COULIBALY M., N'DIAYE B., Coulibaly M., SARRA M., SAMAKE S., MALLÉ M., SANOUSSI A., CISSE D., SOGODOGO D., DAOU M., DABO H., KORBO A. et TIMBELY D. (2021b). Perceptions des agro-pasteurs de la commune rurale de Diéma dans la région de Kayes (Mali) face au changement climatique. Les Cahiers de l'Économie Rurale n° 28, 25-36.

4. DANGAR M. (2018). Impacts des changements climatiques et stratégies d'adaptation des agropasteurs de la Sous-préfecture de Moussoro dans la région du Bahr El-Gazal au Tchad. Mémoire de master professionnel en pastoralisme, Centre régional AGRHYMET/CILSS, Niamey Niger, 84 p.
5. FLUET M. (2006). Impacts des changements climatiques sur les agriculteurs de la province du zondoma au Burkina Fasso : adaptation, savoir et vulnérabilité. Mémoire de maîtrise en sciences de l'environnement de l'université du Québec à Montréal, 140 p.
6. GIEC. (2007). Bilan des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Genève, Suisse, 103p.
7. INSTAT. (2019). Annuaire statistique du secteur du Développement rural. Cellule de Planification et de Statistique du secteur du développement rural (CPS), Bamako Mali, 126p.
8. KANAO F., SANGARE M., OUEDRAOGO D. (2019). Stratégies d'adaptation des agropasteurs aux changements climatiques dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso, 5-26.
9. MAIGA A. (2019). Situation de l'élevage du cercle de Diéma, rapport d'étude de cas, 23p.
10. NACAMBO K. (2010). Analyse des déterminants socioculturels des perceptions et stratégies d'adaptation des agro-éleveurs face aux changements climatiques : cas de Folonzo, Tengrela, Péni et Koumbia au Burkina Faso, mémoire d'Ingénieur, option Sociologie et économique rurales, Institut du développement rural, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso 53 p.
11. NAESS L. O., SULLIVAN M., KHINMAUNG J., CRAHAY P., OTZELBERGER A. &KADET D. P. (2010). Changement de climats, vies en changement : stratégies d'adaptation des communautés pastorales et agro-pastorales en Éthiopie et au Mali, ACF international, IDS, Tearfund, 1ER, A-Z consult, ODES, 72 p.
12. NIASS M. (2007). Programme Adaptation au Changement Climatique en Afrique. Eléments de stratégie régionale d'adaptation au changement climatique basée sur l'approche de partage des risques — Afrique de l'ouest, AGRHYMET, Niamey, Niger, 62 p.
13. OUEDRAOGO D. (2010). Perception et adaptation des éleveurs pasteurs au changement climatique en zones sahélienne, nord et sud soudaniennes du Burkina Faso. Mémoire de DEA. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso-Burkina-Faso, 55 p.
14. PANA. (2007). Programmes d'action nationale d'adaptation aux changements climatiques MALI, 100 p.

15. PDSEC. (2018). Programme de développement économique, social et culturel de la commune rurale de Diéma, 81p.
16. RAC. (2019). Rapport définitif du recensement communal de Diéma Mali, 1-34
17. SAMB. I. (2018). Dynamique de la production fourragère face aux effets du changement climatique et les différentes stratégies d'adaptation des pasteurs et agropasteurs de widou thiengoly et dealy de la zone sylvo- pastorale au Sénégal. Mémoire de master professionnel en pastoralisme, Centre régional AGRHYMET/CILSS, Niamey (Niger), 8p.
18. SARR F. (2019). Vulnérabilité et stratégies d'adaptation des agropasteurs face au changement climatique : Cas de la commune de Gouraye, région du Guidimakha (Mauritanie). Mémoire de master professionnel en pastoralisme, Centre régional AGRHYMET/CILSS, Niamey Niger, 84p.
19. SLPIA. (2019). Rapport annuel 2014-2015 du secteur local de la production et des industries animales de Diéma, 53 p.
20. TCNMCC. (2018). Troisième Rapport de la communication nationale du Mali à la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques, Bamako, Mali, 121p.
21. THIAM I. (2008). Stratégies des exploitations agropastorales de Thioul (Ferlo- Sénégal) dans un contexte d'incertitudes sur les ressources naturelles productives, thèse de doctorat, Institut National Polytechnique/Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Toulouse, 394 p.
22. Woodfine A. (2009). L'adaptation au changement climatique et l'atténuation de ses effets en Afrique subsaharienne au moyen des pratiques de gestion durable des terres, TerrAfrica, Regional and Sustainable Land Management, 89 p.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Etude Histologique Des Organes Excreteurs Du Poulet De Races Dzaye Et Bochibolochie En Cote D'ivoire**

***Gnonsoakala Emmanuel Yoe,***

***Camille Mahn Yoro ,***

Laboratoire De Biologie Cellulaire,

Laboratoire De Pharmacodynamie- Biochimique. Ufr Biosciences-

Université Félix Houphouët- Boigny (Côte D'ivoire).

***Komenan Daouda Kouassi,***

***Jean Jacques Miessan,***

***Marie Anne D'almeida,***

Laboratoire De Biologie Cellulaire,

***Nazaire Bernard Djyh,***

***Mathieu Koffi Adou Kra,***

***Et Joseph Allico Djaman,***

Laboratoire de pharmacodynamie- biochimique. UFR Biosciences-

Université Félix Houphouët- Boigny (Côte d'Ivoire).

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n8p40](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p40)

Submitted: 21 August 2021

Accepted: 28 January 2022

Published: 28 February 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Yoé E.G., Yoro C.M., Kouassi K.D., Miessan J.J., D'Almeida M. A., Djyh B. N., Kra A. K. M., & Djaman J.A., (2022). *Etude Histologique Des Organes Excreteurs Du Poulet De Races Dzaye Et Bochibolochie En Cote D'ivoire* European Scientific Journal, ESJ, 18 (8), 40.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p40>

### **Résumé**

Plusieurs études sur les poulets ont été menées sur les continents européens ; américain et asiatique. Mais suivant la littérature il existe peu de données relatives aux poulets africains, particulièrement ceux de la Côte d'Ivoire. La présente étude est menée sur le poulet africain *Gallus gallus* pour pallier l'insuffisance de données sur cette espèce. Elle porte sur des spécimens de *Gallus gallus* de races dites Dzaye et Bochibolochié en Côte d'Ivoire. L'étude concerne l'histologie du système excréteur du poulet *Gallus gallus*. L'observation à l'œil nu a permis d'une part la description générale de *Gallus gallus* et de son système excréteur. D'autre part des traitements histologiques



et une observation au microscope optique ont permis l'étude de la structure du système excréteur.

Suite aux traitements histologiques et à l'observation au microscope optique, chaque lobule est composé d'une centaine d'unités rénales disposées de façon diffuse. Une unité rénale est constituée d'un cortex et d'une médulla. Le cortex est constitué de plusieurs glomérules. La médulla quant à elle est constituée de tubes contournés proximaux et distaux.

La physiologie de chaque lobe serait la résultante de celle de toutes les unités rénales qui composent les lobules. Le fonctionnement du rein entier serait donc la résultante du fonctionnement des unités rénales.

---

**Mots-clés :** Poulet *Gallus gallus*, reins, histologie

## **Histological Study of The Excretory Organs of the Chicken of Dzaye and Bochibolochie Races in Ivory Coast**

*Gnonsoakala Emmanuel Yoe,*

*Camille Mahn Yoro ,*

Laboratoire De Biologie Cellulaire,

Laboratoire De Pharmacodynamie- Biochimique. Ufr Biosciences-

Université Félix Houphouët- Boigny (Côte D'ivoire).

*Komenan Daouda Kouassi,*

*Jean Jacques Miessan,*

*Marie Anne D'almeida,*

Laboratoire De Biologie Cellulaire,

*Nazaire Bernard Djyh,*

*Mathieu Koffi Adou Kra,*

*Et Joseph Allico Djaman,*

Laboratoire de pharmacodynamie- biochimique. UFR Biosciences-

Université Félix Houphouët- Boigny (Côte d'Ivoire).

---

### **Abstract**

Several studies on chickens have been carried out on European continents; American and Asian. But according to the literature, there is little data on African chickens, particularly those from the Ivory Coast. The present study is being carried out on the African chicken *Gallus gallus* to overcome the lack of data on this species. It concerns specimens of *Gallus gallus* of the so-called Dzaye and Bochibolochié races in Ivory Coast. The study concerns the histology of the excretory system of the chicken *Gallus gallus*. Observation with the naked eye allowed, on the one hand, a general description of *Gallus gallus* and its excretory system. On the other hand,

histological treatments and observation under an optical microscope allowed the study of the structure of the excretory system.

Following histological treatments and observation under an optical microscope, each lobule is made up of around a hundred renal units distributed in a diffuse manner. A kidney unit is made up of a cortex and a medulla. The cortex is made up of several glomeruli. The medulla is made up of convoluted proximal and distal tubes.

The physiology of each lobe would be the result of that of all the renal units that make up the lobules. The functioning of the whole kidney would therefore be the result of the functioning of the renal units.

---

**Keywords :** Chicken *Gallus Gallus*, Kidneys, Histology.

Selon la littérature la classe des oiseaux comprend deux sous-classes : la classe des Archaeornithes et celle des Néornithes (**Alain, 2012**). Cette dernière regroupe les oiseaux actuels. Elle est répartie en deux super-ordres. L'ordre des Paléognathes qui représente les Oiseaux incapables de voler et celui des Néognathes ayant la capacité de voler dont font partie les poulets (**Claire, 2007**). Selon **Halbouche et al. (2009)**, cette sous-espèce a une répartition géographique très large, et s'est donc adaptée à une multitude de milieux à cause de l'activité humaine (**Traore et al., 2006**). Ainsi, grâce à cette activité anthropique cette sous espèce a colonisé tous les cinq continents ; plus particulièrement le continent africain (**Djelil (2012)**). Des études sur les volailles, en particulier les poulets ont été menées sur pratiquement tous les continents, à savoir les continents européens, américain, asiatique et africain (**Koné, 2007**). Ces études concernent entre autre la morphologie (**Nguyen, 2016 ; Messabhia, 2016**), les anatomies externe et interne (**Getu et al 2014 ; Clélia, 2016**), la génétique (**Moiseyeva et al., 2003 ; Van & Dyke, 2004 ; Getu et al., 2014**), l'aviculture (**Deman, 2016 ; Cadudal, 2017 ; France, 2018**), les épidémies aviaires (**OIE, 2013 ; FAO, 2015**). Suivant la littérature, en Afrique, il n'existe presque pas de données relatives aux poulets africains en particulier sur ceux de la Côte d'Ivoire, couvrant les différents domaines mentionnés plus haut (**Yapi-Gnaoré et al., 2010**). Selon ces auteurs, les données relatives aux poulets africains restent élémentaires et insuffisantes face à l'importance de ces volailles dans l'alimentation des populations. Selon quelques informations glanées dans la littérature avicole en Afrique, il n'existe pas de poulets de races locales africaines mais des « populations africaines de poulets » aux plumages ou à phénotypes très variés avec quelques traits communs (**Bisimwa, 2003 ; Mammo et al., 2008**). En effet, les races africaines dites locales sont définies en fonction de la coloration et de la répartition du plumage sur le corps ( **Kondombo et al., 2003 ; Fotsa et al., 2010**). Comme exemple, nous avons la race Bochibolochié (Queue blanche,

avec le reste du plumage variable), la race Kokochié (avec le plumage de Poitrine blanc, le reste du plumage du corps est noir), la race Yarachié (plumage Blanc et noir), la race Wolochié (au plumage de perdrix), la race Balachié (au Plumage frisé), la race Sagachié (au Plumage soyeux), la race Dzaye (au plumage entièrement blanc), la race Wassachié (plumage rouge doré) (**Ayssiwede et al., 2011**). Les spécimens concernés dans les présents travaux sont ceux des races dites « Dzaye » pour les poules et « Bochibolochié » pour les coqs. En Afrique, chez tous les spécimens de ces différentes races citées aucune étude anatomique ou histologique n'a été faite au niveau des organes. C'est dans l'optique de pallier cette insuffisance que les laboratoires de Biologie Cellulaire et de Pharmacodynamie-Biochimique de l'Université Félix Houphouët Boigny en Côte d'Ivoire ont initié l'étude de l'espèce africaine.

L'objectif est d'avoir une base de données fiable relative à l'espèce sur les différents organes des poulets afin de la mettre à la disposition des aviculteurs. Le présent article se rapporte à l'étude du système excréteur de *Gallus gallus* initié pour la première fois en Afrique. Néanmoins, dans la littérature des travaux existant relatifs au système excréteur de *Gallus gallus* sont entre autres ceux de (**Planché, 2007 ; Klein, 2009**) qui ont travaillé pour la plupart sur les pathologies aviaires du système urinaire.

Les présents travaux se rapportent à l'étude des organes excréteurs au plan anatomique et histologique afin de mettre en évidence son organisation structurale et en déduire sa physiologie. Tous les autres organes feront l'objet d'articles ultérieurement.

## **2- Matériel et méthodes**

### **2.1- Matériel biologique**

Le poulet *Gallus gallus domesticus* de race africaine « Dzaye » pour les poules et « Bochibolochié » pour les coqs constitue le matériel biologique. L'étude concerne les adultes des deux sexes âgés d'au moins 72 semaines pour les mâles et 64 semaines pour les femelles. L'échantillonnage a été fait auprès des revendeurs sur les marchés des communes de Cocody, Bingerville, Abobo et de Yopougon de la ville d'Abidjan ainsi que dans certaines fermes à Odienné en Côte d'Ivoire. Sur ces marchés et dans ces fermes les volailles sont nourries ad libitum à base d'un aliment constitué de sons de maïs mélangés à des granulés provenant de la société IVOGRAIN.

### **2.2-Méthodes**

#### **2.2.1- Méthode macroscopique**

Les animaux ont été photographiés à l'aide d'un appareil numérique de marque Lumix 12 pixels et un autre de marque FUJIFILM 12 Pixels. L'observation des reins des spécimens a été réalisée à l'œil nu après dissection.

## **2.2.2- Anesthésie et dissection**

### **2.2.2.1-Anesthésie**

La mise en évidence de l'appareil excréteur a été réalisée après dissection. Pour ce faire les animaux ont été anesthésiés et euthanasiés. L'anesthésie a été réalisée en introduisant les animaux sous une cloche d'anesthésie contenant au préalable du coton imbibé d'éther. Après endormissement, l'animal a été euthanasié.

### **2.2.2.2- Méthode de dissection**

Pour la dissection, l'animal est couché sur le dos et une fente longitudinale antéro-postérieure a été effectuée au niveau de la face ventrale. La peau, les muscles, et le squelette ont été successivement écartés pour mettre à nu les organes internes. Après ouverture, les systèmes observés sont respectivement le système digestif, le système respiratoire et le système reproducteur. Ces derniers sont écartés afin de mettre en évidence le système excréteur l'objet de notre étude. Une fois mis à nu le système excréteur a été photographié in toto à l'aide d'un appareil numérique de marque Lumix 12 pixels et un autre de marque FUJIFILM 12 Pixels pour l'étude anatomique. Après photographie, ces derniers ont été prélevés immédiatement et fixés dans du formol 10% pour les études histologiques.

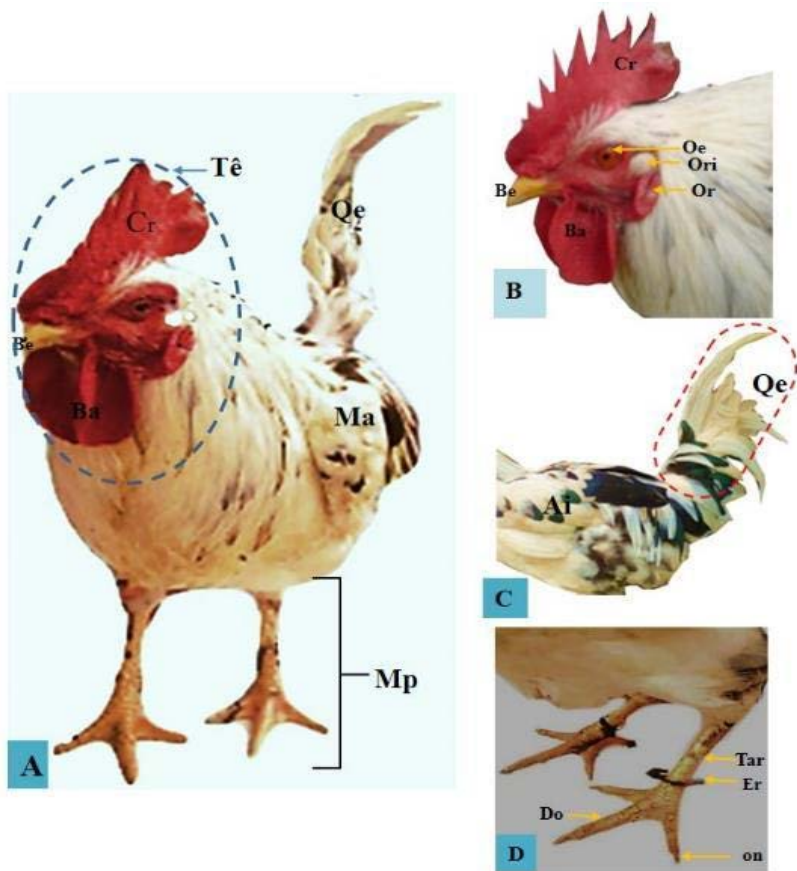
## **2.3-Méthode histologique**

Pour les présents travaux, les techniques utilisées par **d'Almeida (2017)** ont servi de référence. Les fragments de rein dès leur prélèvement, sont immédiatement fixés par immersion dans le formol à 10 %. Ils ont été déshydratés successivement dans des bains d'éthanol de degré croissant : 70°, 95° et d'éthanol absolu (100°). Les pièces sont ensuite pré-imprégnées dans des bains constitués des mélanges d'éthanol 100° et de toluène à volume croissant. Les bains sont successivement ¼ toluène et ¾ d'éthanol 100°, ½ toluène et ½ d'éthanol 100°, ¾ toluène et ¼ d'éthanol 100°. Le dernier bain est constitué de toluène pur. Le toluène n'étant pas un bain d'attente, les pièces ont été immédiatement pré-imprégnées dans de la paraffine liquide préparée à cet effet. L'imprégnation proprement dite est faite à l'étuve à 60°C dans trois bains successifs de paraffine liquide (Paraplast de marque : MONOJECT scientifique). L'inclusion est faite avec le même milieu. Des coupes de 7 µm ont été réalisées au microtome MICROM HM 310. Les coupes ont également été collodionnées (Collodion 4%, Merk) pour éviter leur décollement. Les lames issues de ces traitements sont colorées à l'hémalum et l'éosine. L'observation et les photographies ont été faites au photomicroscope OLYMPUS CKX 41 adapté à un ordinateur de marque DELL avec le logiciel optica.

## **3- Résultats**

### 3.1- Vue générale du poulet *Gallus gallus domesticus* avant la dissection puis observation de son système excréteur après la dissection

Les mâles de race africaine « Bochibolochié » ont un plumage variable avec une queue blanche (**Figure 1**). Quant aux femelles de race africaine « Dzaye », le plumage est entièrement blanc (**Figure 2**). Le système excréteur de ces poulets est de forme oblongue avec une couleur rouge-brun (**Figure 3 B et C**).



**Figure 1 : Morphologie de coq *Gallus gallus domesticus***

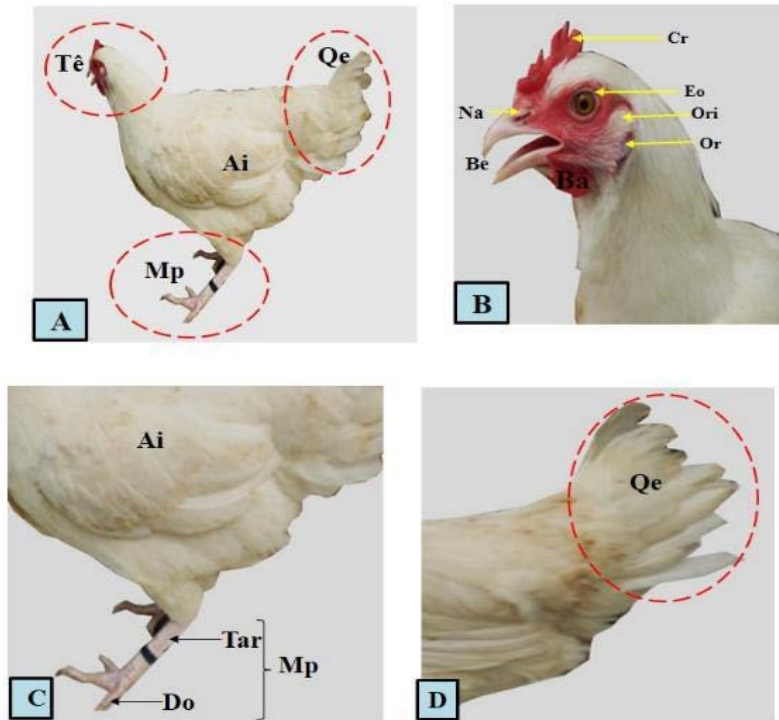
**A :** Morphologie générale. **B :** Morphologie de la tête.

**C :** Morphologie de la queue.

**D :** Morphologie des membres postérieurs.

**Te :** tête ; **Cr :** crête ; **be :** bec ; **Oe :** œil ; **ba :** barbillon ;

**Ori :** orifice de l'ore



**Figure 2 : Morphologie de la poule *Gallus gallus domesticus***

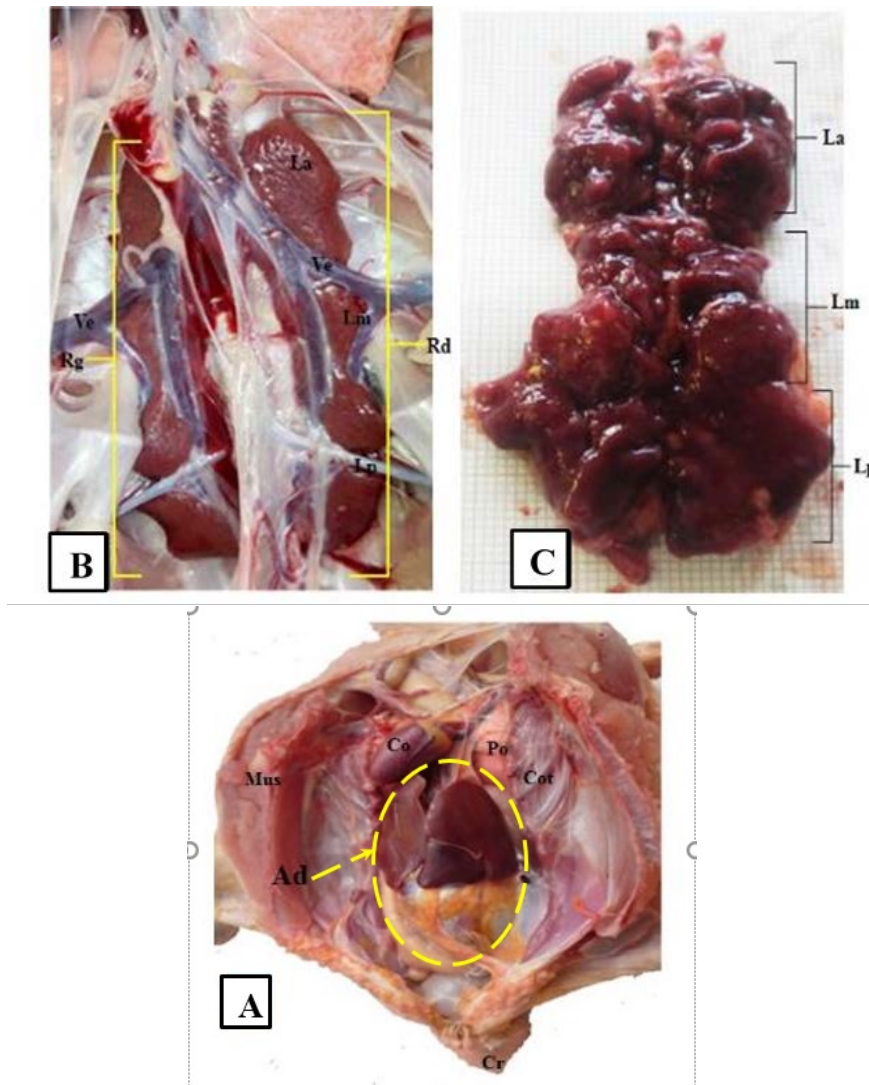
**A :** Morphologie générale. **B :** Morphologie de la tête.

**C :** Morphologie des membres postérieurs

**D :** Morphologie de la queue

**Te :** tête ; **Cr :** crête ; **Be :** bec ; **Na :** narines ; **Oe :** œil ; **ba :** barbillon ;  
**Ori :** orifice de l'oreille ; **Or :** oreillon ; **Qe :** queue ; **Ma :** membres antérieurs ; **Ai :** aile ;  
**Mp :** membres postérieurs ; **Tar :** tarse ; **Do :** doigts ; **Er :** ergot.

**Grossissement : G x 1/5**



**Figure 3 : Anatomie du rein du poulet *Gallus gallus***  
**A** : Vue générale des organes couvrant le système excréteur  
**B** : Anatomie des reins in toto. **C** : Anatomie des reins isolés  
**Mus** : muscle ; **Ad** : Appareil digestif ; **Po** : poumon ; **Co** : Cœur ;  
**Cot** : Côtes ; **Cr** : Croupion ; **Ve** : Veines ; **Rd** : Rein droit ;  
**Rg** : Rein gauche ; **La** : lobe antérieur ; **Lm** : lobe médian ;  
**Lp** : lobe postérieur.  
**Grossissement** : **A** : G x 1/10 ; **B** : G x 1/2 ; **C** : G x 2.

### 3.2- Histologie des reins du poulet *Gallus gallus*.

En se référant à la littérature, aucun travail traitant de la structure des reins des Oiseaux n'existe au plan histologique. Faute de support scientifique dans ce domaine, l'examen histologique des reins de *Gallus gallus* a été réalisé par rapport à l'histologie des reins des Mammifères. En comparaison avec l'organisation des reins des Mammifères, chaque lobe rénal chez *Gallus gallus* semble être constitué d'un ensemble de structures répétitives dont chacune présente l'organisation analogue d'un rein de Mammifère. Le lobe apparaît constitué d'un ensemble de petits reins. Dans les présents travaux, chacune des structures a été désignée unité rénale. Les lobes rénaux de *Gallus gallus* constituent donc un regroupement d'unités rénales.

Ainsi donc l'histologie des reins du poulet *Gallus gallus* montre que chaque lobule rénal unité de base des lobes antérieur, médian et postérieur est constitué de plusieurs unités rénales.

En vue générale, sur les coupes, le lobe rénal du poulet est de forme ovale (**Figure 4**). Il est enveloppé d'un tissu conjonctif. A l'intérieur de l'enveloppe, sont regroupés les unités rénales et d'autres éléments. La structure de ces unités varie en fonction des types de coupes réalisées.

Sur la coupe (**Figure 4**) d'un lobe on dénombre au minimum cinq (5) unités rénales, de sorte que en considérant tout le lobe, et en extrapolant, ce dernier doit contenir au minimum une centaine voire plus d'unités rénales. Toujours sur la coupe (**Figure 4**) dans le lobe rénal, les unités rénales sont disposées de façon quelconque de sorte que sur la coupe certaines apparaissent en section transversale (**Figures 4c et 4e**) ou longitudinale (**Figures 4a, 4b et 4d**).

Chacune des unités rénales après examen présente la structure histologique d'un rein de Mammifère. Elle est constituée de deux parties essentiellement : le cortex qui est externe et la médulla, interne (**Figures 5 B , 5C**). Le cortex comprend de nombreux glomérules constitués chacun d'une membrane externe qui est la capsule de Bowman qui enveloppe la chambre filtrante. Au sein de celle-ci se trouve le peloton de capillaire (**Figures 7A, 7B**). On observe par endroits sur les coupes des vaisseaux sanguins (veines et/ou artères) qui contiennent des multitudes des cellules sanguines (**Figure 6**).

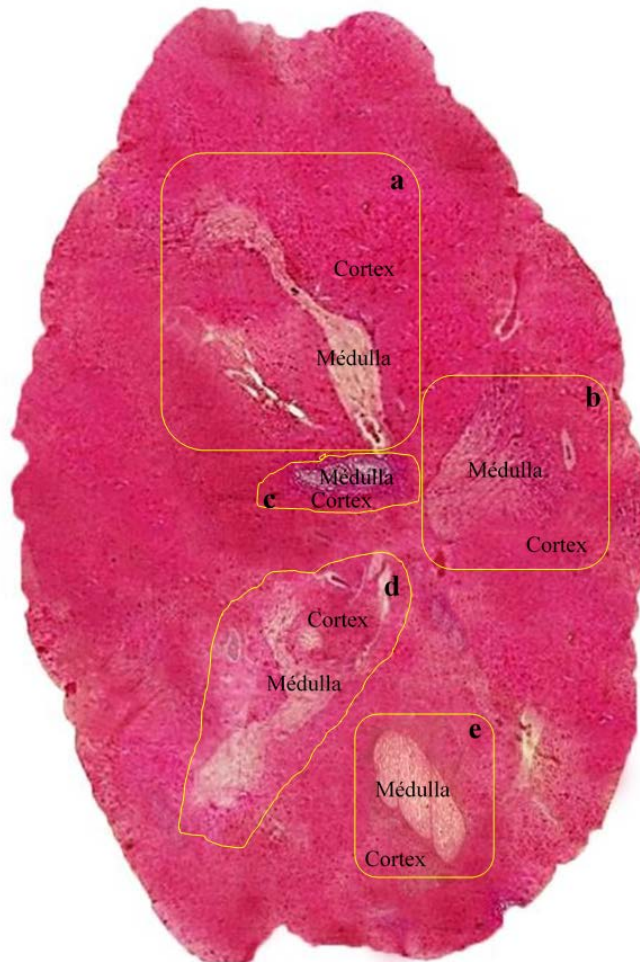
On observe également des vaisseaux sanguins au niveau de la médulla (**figure 5C**).

La médulla est constituée quant à elle des tubes contournés proximaux ou distaux de tailles variables. Ces tubes sont observés en section longitudinale et section transversale (**Figures 5C, et 5D**). Les tubes sont constitués d'une paroi épithéliale qui borde une lumière (**Figures 7C, et 7D**). La hauteur des cellules varie en fonction du type de tubes. Certains tubes en section longitudinale sont bordés de cellules courtes de 5µm de diamètre et d'autres en section transversale ont des cellules de taille plus grandes de 10 µm de diamètre (**Figure 7**).



Comme mentionner plus haut, sur la coupe (**Figure 4**), dans le lobe rénal, les unités rénales apparaissent en section transversale (**Figures 4c et 4e**) ou longitudinale (**Figures 4a, 4b et 4d**).

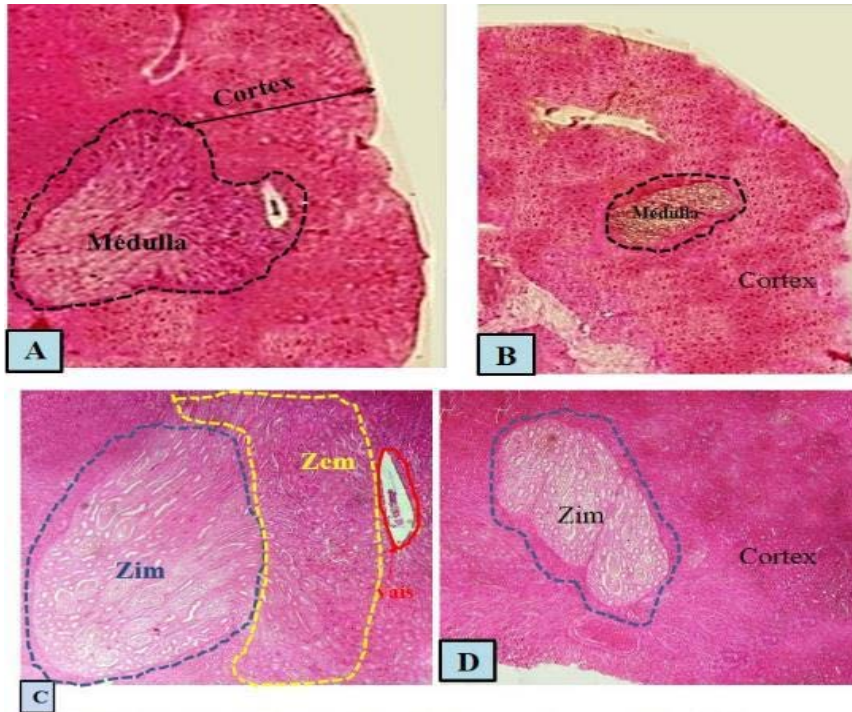
Il apparaît qu'au niveau des unités rénales en section transversale le cortex entoure la médulla et les deux sont concentriques (**Figures 5B et 5D**). Par contre au niveau des unités rénales en section longitudinale la disposition rappelle celle des reins de Mammifère. Le cortex se situe au-dessus de la médulla et l'entoure partiellement (**Figures 5A et 5C**).



**Figure 4 : Histologie des reins du poulet *Gallus gallus*. Coupe à travers un des lobes du rein**

Vue générale d'un lobule rénal au niveau duquel on dénombre au moins cinq (5) unités rénales (**a, b, c, d et e**). Chacune est constituée du cortex et de la médulla. Le cortex très éosinophile paraît très rose par rapport à la médulla plus claire. Les unités rénales étant disposées de façon quelconque dans le tissu rénal, certaines ont un profil de coupe longitudinale (**a, b et d**) d'autres de coupes transversales (**c et e**).

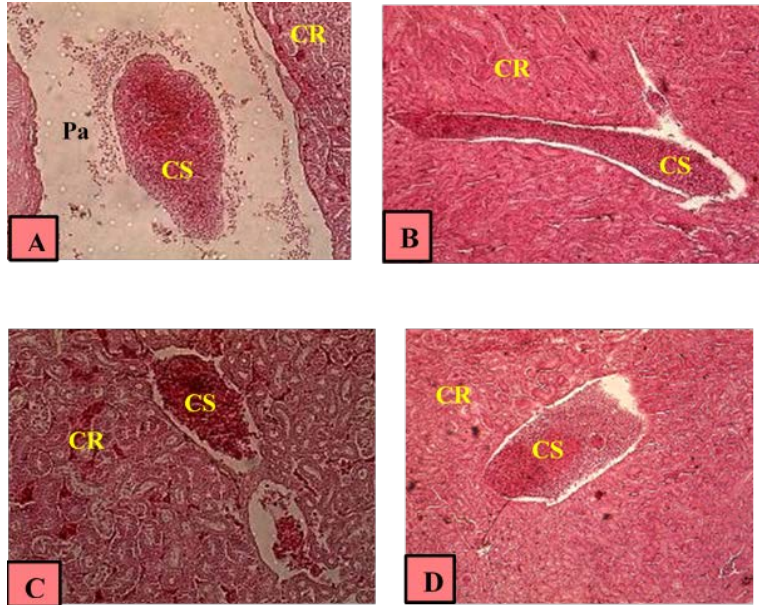
**Coloration : Hémalum- Eosine ; Grossissement : G x 40**



**Figure 5 : Histologie des reins du poulet *Gallus gallus*. Structure du cortex et de la médulla**

**A :** Coupe montrant une unité rénale en coupe longitudinale. **B :** Coupe montrant une unité rénale en coupe transversale. Le cortex externe très éosinophile entoure la médulla centrale plus claire à cause de la présence des lumières des tubes contournés. **C :** Détails de la coupe longitudinale de l'unité rénale montrant la zone corticale située au-dessus de la zone médullaire. La plupart des tubes contournés sont en section longitudinale. A droite sur la micrographie on distingue un vaisseau (**Vais**) contenant des cellules sanguines. **D :** Coupe transversale de l'unité rénale montrant la zone corticale entourant la zone médullaire. La plupart des tubes contournés sont en section transversale. **Cor :** cortex ; **Zem :** Zone médullaire externe ; **Zim :** Zone médullaire interne.

**Coloration :** Hémalum- Eosine ; **Grossissement :** A et B : G x 40 ; C et D : G x 100

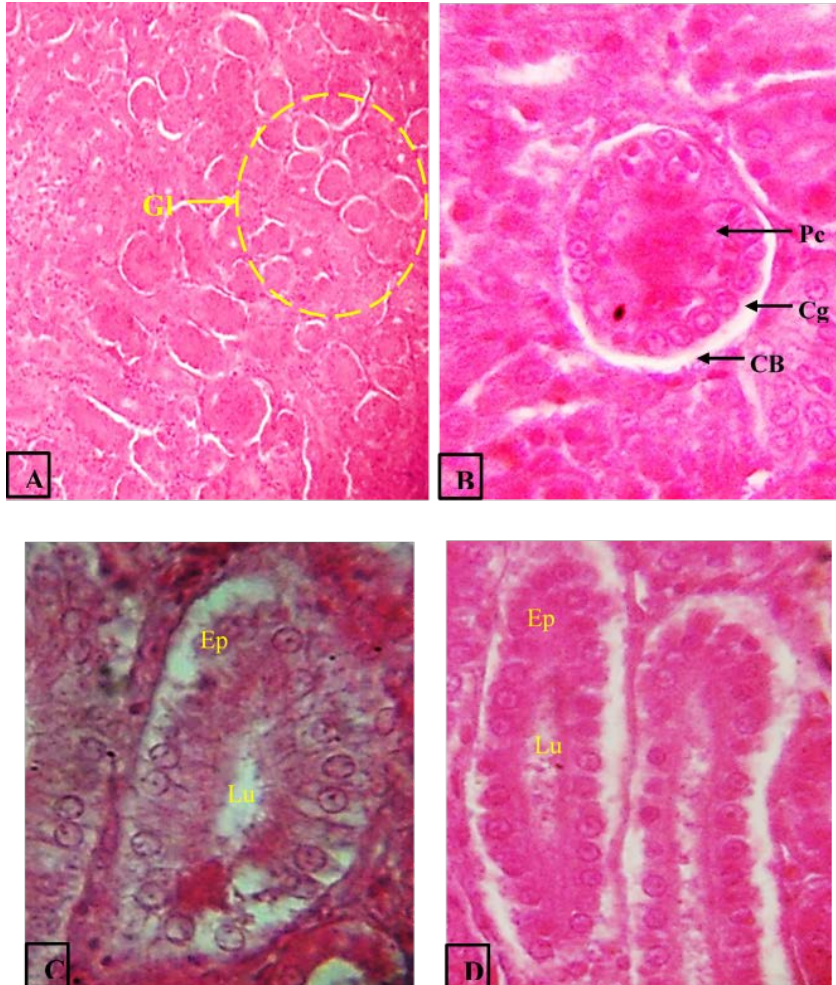


**Figure 6 : Histologie des reins du poulet *Gallus gallus*. Structure des vaisseaux  
A et B : Artères contenant des cellules sanguines dans la zone corticale en coupe  
longitudinale.**

**C et D : Artères contenant des cellules sanguines dans la zone corticale en coupe  
transversale.**

**Pa : paroi du vaisseau ; CS : cellules sanguines.**

**Coloration : Hémalum- Eosine ; Grossissement : A : G x 1000 ; B, C, D : G x 400**



**Figure 7 : Histologie des reins du poulet *Gallus gallus*. Structure du cortex et de la médulla**

**A** : Vue d'ensemble du cortex rénal ; **B** : Glomérule en coupe transversale  
**C** : Vue détaillée d'un tube en coupe transversale ; **D** : Vue détaillée d'un tube en coupe longitudinale  
**Gl** : glomérules ; **CB** : capsule de Bowman ; **Cg** : chambre glomérulaire ou filtrante ; **Pc** : peloton capillaire. **Ep** : Epithélium ; **Lu** : Lumière. **Coloration : Hémalum- Eosine**  
**Grossissement : A : G x 40 ; B : G x 400 ; C, D : G x 1000**

#### 4-Discussion

La description de l'organisation de la structure des lobes rénaux chez les volailles décrite pour la première fois est basée sur l'observation de cette structure chez les Mammifères. Les Mammifères possèdent une paire de rein entourée par une capsule conjonctive qui au plan structurale comprend une partie périphérique ou cortex et la partie profonde qui est la médullaire (Bankir & Bouby, 2016 ; Kühnel, 2009).

Au niveau d'une coupe longitudinale du rein, la partie corticale renferme essentiellement les glomérules entourés de sections de plusieurs tubes. La partie médullaire est un ensemble de tubes contournés proximaux et distaux et de tubes collecteurs (**Bankir & Bouby, 2016 ; Kühnel, 2009**). Cette organisation chez la Mammifères a été décrite par **Kriz & Kaissling, (2008)**.

Chez les Mammifères le rein présente une zonation nette, le cortex qui est un tissu compact très éosinophile et la médulla constituée des différents tubules qui du fait de la présence de plusieurs lumières ouvertes donne un aspect clair. Les deux zones sont séparées par une ligne virtuelle. Cette différence ou zonation a également été montrée par **Benhami (2013)**.

Par contre chez les Oiseaux principalement le poulet, le tissu rénal est diffus et parsemé de structures répétitives sans limites propre désignées dans les présents travaux d'unités rénales. Une unité rénale est constituée d'une zone périphérique, le cortex et d'une zone interne, la médulla. Le cortex associé à la médulla forme des unités répétitives au sein du tissu rénal. Cette architecture des unités rénales chez ces volailles est similaire à celle des reins de Mammifères comme mentionné par (**Bankir & Bouby, 2016 ; Leclercq-Smekens & Hérim, 2004 ; Kühnel, 2009**). Chez les Oiseaux, en particulier les poulets, les reins sont donc divisés en de petites unités fonctionnelles. L'organisation en unités rénales des reins des Poulets montre que ces derniers sont constitués de plusieurs petits reins sans limite précise.

En effet chez le poulet *Gallus gallus* chaque lobe est constitué de plusieurs unités rénales. L'unité rénale présente une zone corticale constituée d'un ensemble de glomérules et de tubes contournés d'aspect très compact qui met en évidence une zone éosinophilie car cette zone a une grande affinité pour l'éosine. Par contre la zone médullaire est d'aspect plus clair car constitué en majorité de tubes contournés présentant des lumières ouvertes sans coloration qui donnent un aspect clair au tissu. Au niveau du lobe rénal, comme les cortex s'étendent entre les zones médullaires voisins, et que les deux tissus sont entremêlés, il n'existe pas de séparation franche entre les deux structures. Chez les Poulets le parenchyme rénal, ne présente pas une zonation ou une stratification en cortex et médullaire comme dans le rein des Mammifères.

En se référant à l'organisation du cortex et de la médulla chez les Mammifères selon **Song & Yosypiv (2012)** et **Pallone et al., (2012)**, on en déduit que chez le poulet *Gallus gallus* les unités rénales se disposent de façon quelconque dans le lobe rénal de sorte que sur la coupe longitudinale du lobe, les unités rénales se présentent soit en section longitudinale et d'autres en section transversale. En section longitudinale le cortex surmonte la médulla. En section transversale les deux parties sont concentriques : la médulla interne est entourée du cortex.

En comparant les deux systèmes rénaux des Mammifères et des Oiseaux (poulets) il apparaît que l'organisation du système des Mammifères est plus élaboré que chez les Oiseaux où le système semble rudimentaire.

Le cortex des unités rénales chez le poulet *Gallus gallus* est constitué de nombreux glomérules dont chacun est constitué de l'extérieur vers l'intérieur de la capsule de Bowman, de la chambre filtrante encerclant le peloton capillaire. Dans le tissu rénal s'observe également par endroit des vaisseaux qui contiennent des multitudes de cellules sanguines. Chez les Mammifères, d'après (**Bankir & Bouby, 2016 ; Chistensen et al., 2012 ; Kühnel, 2009 ; El Henri et al., 2008**), l'organisation est la même. Le cortex rénal des Mammifères contient les glomérules apparaissant comme des structures denses arrondies, constituées de la masse de capillaires, d'un espace étroit clair, la chambre glomérulaire entourées de la capsule de Bowman.

Quant à la médulla, chez les Oiseaux (le poulet *Gallus gallus*) elle est constituée de tubes contournés proximaux et distaux et plus en profondeur des tubes collecteurs de tailles variables qui sont constitués d'une paroi formée de cellules disposées en une seule couche autour d'une lumière ouverte. Au niveau de la paroi des tubes, la hauteur, la largeur et l'aspect des cellules diffèrent selon la nature des tubes. Cette organisation de la médulla au plan histologique est la même que chez les Mammifères (**Bankir & Bouby, 2016 ; Kühnel, 2009**).

Les lobes rénaux des Poulets *Gallus gallus* étant constitué d'unités rénales on peut déduire que chaque unité a un fonctionnement propre et que la physiologie des reins des Poulets *Gallus gallus* est la résultante du fonctionnement des unités rénales au niveau des lobes antérieurs, médians et postérieurs.

## 5-Conclusion et Perspectives

Au plan histologique, le système excréteur de *Gallus gallus* est constitué de deux parties essentielles à savoir : Le cortex qui est la partie périphérique constituée de glomérules et la médulla qui est la partie interne constituée elle-même des tubes contournés. Les reins de *Gallus gallus* apparaissent rudimentaires et diffus car chez les poulets le lobe rénal présente un ensemble d'unités rénales disséminées dans le tissu. Il n'existe pas de séparation franche entre les unités au niveau de l'ensemble du parenchyme rénal. Les unités rénales ne présentent pas de limites précises donnant ainsi cet aspect diffus au tissu rénal.

En effet, chaque lobe rénal du poulet *Gallus gallus* est constitué en apparence de plusieurs unités rénales. La résultante du fonctionnement des unités rénales au niveau des lobes antérieurs, médians et postérieurs donne le fonctionnement de l'organe entier.

En perspective, ces travaux seront poursuivis par une étude histopathologique des reins des poulets afin de mettre en évidence les éventuelles lésions tissulaires pouvant être causées par les maladies aviaires les plus fréquentes en Côte d'Ivoire.

### References:

1. Alain. R (2012). L'origine dinosauriens des Oiseaux. ATALA culture et sciences humaines N°15, (pour une biologie évolutive). pp 138-151.
2. Ayssiwede S.B., Dieng A, Houinato M.R.B, Chrysostome C.A.A.M, Issay, Hornick J.L, Missohou A. (2011). Elevage des poulets traditionnels ou indigènes au Sénégal et en Afrique Subsaharienne : état des lieux et contrainte. Ann. Méd. Vét., 157 pp-103-119
3. Bankir. L, & Bouby. N (2016). Médulla rénale. Néphrologie et Thérapeutique, Elsevier Masson, ff10.1016/j.nephro.2016.02.010ff. fhal-01290683.
4. Benhami M (2013). L'angiomyolipome rénal (A propos de 08 cas). Thèse de doctorat en médecine à l'Université Sidi Mohammed Ben Abdallah faculté de médecine et de pharmacie. 240p.
5. Bisimwa C (2003). Les principales races en aviculture. Troupeaux et Cultures des Tropiques, Dossier spécial volaille, (1) pp 4-8.
6. Cadudal F (2017). Analyse rétrospective de l'évolution du marché mondial des viandes de volailles et dynamiques émergentes. Douzièmes journées de la recherche avicole et palmipèdes à foie gras, tours. ITAVI.
7. Claire T (2007). Particularités cliniques et difficultés thérapeutiques rencontrées chez les oiseaux et les reptiles de compagnie-apports de la pharmacovigilance et étude de cas. Thèse de doctorat à l'université Claude –Bernard-Lyon. 240p.
8. Christensen EI., Wagner C.A., Kaissling B (2012). Uriniferous tubule: structural and functional organization. Compr Physiol.;2(2):805-61.
9. Clelia M (2016). Contribution à l'étude de l'usage des antibiotiques en filières aviaires et aux conséquences de cet usage en matière d'antibiorésistance. Thèse Présentée à l'Université Claude-Bernard - Lyon I pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire. 158p.
10. D'Almeida M. A (2017). Biologie de la reproduction et embryologie descriptive de Crustacés. Les Éditions Universitaires Européennes, 209 p.
11. Djelil H., 2012. -Ectoparasitisme et parasitemie du poulet de ferme (*Gallus gallus domesticus*, linnaeus 1758) dans la région d'Oran .190p efferent ductule and testicular damage. Reproduction; 21–834.

12. Deman C (2016). Perspectives de marché et compétitivité des filières avicoles mondiales et européennes.16ème Journée Productions porcines et avicoles. ITAVI. P 92-98.
13. El Heni J., Messaoudi I, Hamouda F., Kerkeni A (2008). Protective effects of selenium (Se) and zinc (Zn) on cadmium (Cd) toxicity in the liver and kidney of the rat: Histology and Cd accumulation. *Food and Chemical Toxicology*, 46: 3522– 3527
14. FAO (2015). Caractérisation phénotypique et moléculaire des populations locales de poules au Togo. Protocole d'accord entre l'Organisation des Nation Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation (FAO) et l'Institut Togolais de Recherche Agronomique (ITRA): pp. 26-40.
15. Fotsa J. C., Rognon X., Tixierboichard M., Coquerelle G., Pone Kamdem D., Ngou Ngoupayou J. D., Manjeli Y., Bordas A (2010). Caractérisation phénotypique des populations de poules locales (*Gallus gallus*) de la zone forestière dense humide à pluviométrie bimodale du Cameroun. *Ressources Génétiques Animales.*, (46), pp 49-59.
16. France Agrimer (2018). Présentation générale du marché de la volaille. Rapport d'activités. 59-129p.
17. Getu A., Birhan M., British J (2014). Phenotypic characterization of indigenous chicken ecotypes in North Gondar Zone, Ethiopia *Animal Genetic Resources* 54(3), pp 43-51.
18. Halbouche M., Dahloum L., Mouats A., Didi M., Ghali S., Boudjenah W, & Fellahi A (2009). Caractérisation morphologique des animaux et des œufs. Actes des 1ères journées D'étude Ressources génétiques avicoles locales ; vol. 6A., 609 p.
19. Klein J. (2009). Le récepteur B1 des kinines dans la fibrose rénale : Des mécanismes au potentiel thérapeutique. Thèse de doctorat de l'université de Toulouse III- paul sabatier, 146p.
20. Kondombo S.R., Nianogo A.J., Kwakkel R.P., Udo H.M.Y., Slingerland M (2003). Comparative analysis of village chicken production in two farming systems in Burkina Faso. *Tropical animal health and production* (35) pp 563-574.
21. Koné Y (2007). Contribution à l'évaluation de l'indice socio-économique de la grippe aviaire en Côte d'Ivoire au cours de l'année 2006. Thèse de pharmacie et d'odonto stomatologie de l'Université CHEIKH ANTA DIOP de DAKAR .151p.
22. Kriz W & Kaissling B (2008). Structural Organization of the Mammalian Kidney. In: Seldin D, Giebisch G, editors. *The Kidney*. 1: Elsevier. p. 479-563.



23. Kuhnel W (2009). Atlas de poche d'histologie. Flammarion Medecine-Sciences. 12<sup>ième</sup> éditions pp 352-375.
24. Leclercq-Smekens M, & Herin M (2004). Histologie spéciale animale : Note théorique. Troisième candidature vétérinaire à la faculté Universitaires Notre-Dame de la Paix-Namur 214p.
25. Mammo M., Berhan T., Tadelle D (2008). Village chicken characteristics and their seasonal production situation in Jamma District, South Wollo, Ethiopia. Livestock Research for Rural Development. (20), Adresse URL: <http://www.lrrd.org/lrrd20/7/meng20109.htm>.
26. Messabhia M (2016). Caractérisation phénotypique et profil biochimique de quelques souches locales de poules. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de magistère en sciences vétérinaire à l'Université des FRERES MENTOURI CONSTANTINE. p249.
27. Moiseyeva I.G, Romanov M.N., Nikiforov A.A., Sevastyanova A., & Semyenova S.K. (2003). Evolutionary relationships of red Jungle Fowl and chicken breeds. *Genetics, selection and Evolution*, 35: 403-423.
28. Nguyen D.V (2016). Caractérisation de la race de poule HO dans sa région d'origine : Province de BAC NINH (VIETNAM). Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de formation doctorale à l'université de liège 31p.
29. OIE (2013). Code sanitaire pour les animaux terrestres (2013).
30. Chapitre10.9.[http://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Health\\_standards/tahc/2010/chapitre\\_1.10.9.pdf](http://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Health_standards/tahc/2010/chapitre_1.10.9.pdf). (Cité pages 7 et 12.)
31. Pallone TL, Edwards A, Mattson DL. Renal medullary circulation. *Compr Physiol*. 2012; 2(1):97-140.
32. Planché A (2007). Pathologie urinaire des Oiseaux exotiques de compagnie. Thèse de l'université CLAUDE-BERNARD - LYON I pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire, 92p.
33. Song R., Yosypiv IV (2012). Development of the kidney medulla. *Organogenesis* ;8(1):10-7.
34. Traoré E. H., Sall C., Fall A. A., Faye P (2006). Enjeux économiques de l'influenza aviaire sur la filière avicole sénégalaise. *Bull. RIDAF*, 16(1): pp 24-32.
35. Van.T. M, & Dyke G.J (2004). Calibration of galliform molecular clocks using multiple
36. Yapi-gnaore CV, Loukou NE, Kayang B, Rognon X, Tixier-Biochard M, Toure G, Coulibaly Y, N'guetta ASP, Youssao Y (2010). Diversité phénotypique et morphométrique des poulets locaux (*Gallus Gallus*) de deux zones agro écologiques de Côte d'Ivoire. *Cah Agric V* (19) :439-445.



## Determinants of Demand for Health Care Among Sexually Transmitted Infections Patients in Kenya

*Pauline Ogola,  
Urbanus M. Kioko,*

University of Nairobi, Nairobi, Kenya

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n8p58](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p58)

Submitted: 28 January 2021  
Accepted: 16 February 2022  
Published: 28 February 2022

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

*Cite As:*

Ogola P., & Kioko U.M.,(2022). *Determinants of Demand for Health Care Among Sexually Transmitted Infections Patients in Kenya* European Scientific Journal, ESJ, 18 (8), 58.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p58>

### Abstract

Globally, sexually transmitted infections (STIs) have become an enormous burden leading to high mortality and morbidity. In Kenya, various policies have been formulated to address various conditions including STIs. Individuals suffering from STIs are highly encouraged to seek medical care and avoid transmitting to uninfected individuals. In Kenya, about 14% of men and 25% of women never sought treatment for STIs or advice from any healthcare service provider. Furthermore, 42% and 23% of people with sexually transmitted infections had been symptomatic for a period of one and two weeks respectively. Although numerous studies have been conducted in many countries to establish the determinants of healthcare use among people with sexually transmitted infections, there is still very little information on the determinants of healthcare use among STI patients in Kenya. The aim of this study was to determine factors influencing health care demand for STIs in Kenya. The study analyzed data from the 2014 Kenya Demographic Household Survey (KDHS). Descriptive statistics and binary probit regression analyses were done to explore factors influencing the use of health services among STI patients in Kenya. The findings revealed that the age of the patient, sex, marital status, education levels, wealth quintiles, employment status, residence, and sex partners were statistically significant determinants of the utilization of healthcare services among STI patients in Kenya.

**Keywords:** Demand, determinants, STI, binary probit model, Kenya

Sexually Transmitted Infections (STIs) are known to have a huge burden of mortality and morbidity in most developing countries (WHO, 2016). This is due to their effect on reproductive health and child health. Globally, STIs, in general, are a major health problem and their prevention is a priority since the emergence of the Human Immunodeficiency Virus (HIV) and acquired immunodeficiency syndrome (AIDS) (WHO, 2012). Previous studies have reported synergy between HIV/AIDS and STI (Singa et al., 2013; Djomand et al., 2016). In the last few decades, more than 30 sexually transmitted pathogens have been discovered, HIV being among them (Workoski et al., 2015). The World Health Organization estimates that each year there are an estimated 374 million new infections of curable STIs (chlamydia, gonorrhoea, syphilis, and trichomoniasis) (WHO, 2021). These infections may lead to unnecessary deaths despite the availability of cost-effective prevention methods for most of these conditions (Djomand et al., 2016). Approximately 4000 newborn babies become blind each year due to STIs infection such as gonococcal and chlamydial ophthalmia neonatorum infection (WHO, 2021).

In Sub-Saharan Africa, STIs continue to be a public health problem. According to WHO approximately 500 million in the age category 15 to 49 years have a curable STI (WHO, 2021). A study conducted in South Africa on HIV and STIs revealed that STIs are associated with an increased risk of getting HIV (Wand, et al., 2020). In Sub-Saharan Africa (SSA), various interventions have been put in place to reduce the spread and seriousness of these sexually transmitted infections (WHO, 2012). In Kenya, the burden of STIs is high and increasing (Chesang, et al., 2017). In 2012, the overall prevalence of STIs amongst individuals aged 15–64 years was estimated at 0.9%. However, the population prevalence for abnormal genital discharge was 6.2% for women and 1.5% for men, while it was 9.8% and 4.6% for women and men living with HIV, respectively (NASCOP, 2014).

In many parts of Sub-Saharan Africa, only a minority of people with STIs consult public facilities. For example, among adolescent girls in a rural area of Nigeria, over 80% reported a vaginal discharge but few sought treatments (Iorkosu et al., 2020). Similarly, the Democratic Republic of Congo, (Crago, 2020) established that 87% of 1,200 commercial sex workers participating in a survey had signs and symptoms suggestive of STIs in the previous year, but only 32% had visited public health care facilities. In contrast, a population-based study in Tanzania found that nearly all men and 90% of women reporting symptoms of STI had sought treatment in the official health sector (Kerrigan et al., 2020).

Further, empirical studies at global and local levels have been undertaken to examine factors influencing the utilization of health care. Specifically, studies on STI patients have examined factors influencing patients' online

health information-seeking behaviors (Graffigna et al., 2017), as well as the determinants of demand for health care services in Northern Ethiopia (Wellay, et al. (2018). Other studies have explored experiences of stigma related to health care in Atlanta (Eaton et al., 2018), delayed health care seeking among patients presenting STIs in HIV hotspot areas in Ethiopia (Tsadik, Lam & Hadush, 2019), and barriers to STI service use by men in Nepal (Jahangir, et al., 2020). In Kenya, studies including Muriithi (2013) have examined determinants of care-seeking behavior in Kibera slums. Chesang et al. (2017) conducted a qualitative thematic analysis to elicit perspectives from healthcare providers in Kenya on managing sexually transmitted infections. Despite the numerous studies that have been conducted in Kenya evidence on the determinants of health care among STI patients remain scanty. This study investigates determinants of healthcare use among STI patients in Kenya.

## **1. Methodology And Data**

This section discusses the theoretical framework, the estimable model, and its specifications. Description of the variables as well as a data source is provided.

## **2. Theoretical framework**

Demand is an economic concept that describes a consumer's desire to pay a price for goods or services. If all other factors are constant, a rise in the price of a good or service will reduce demand while a decrease in the price of a good or service will increase demand. On the other hand, demand for health care is characterized by the level of actual consumption of goods and services by an individual facing illness/injury (Nahu, 2006; Wellay et al. 2018). This consumption could differ by demand factors such as income, cost of care, education, social norms and traditions, and the quality and appropriateness of the services provided.

Healthcare is different from other services because it is not clearly defined. In most industries, the product or service can be standardized to improve efficiency and quality. In healthcare, every consumer is structurally, chemically, and emotionally different (Halamka, 2011). What works for one person may not necessarily work for another. Healthcare also differs in terms of choosing consumers. In other services, there is a choice in selecting which person or industry business can be conducted with. It is not so in healthcare as treatment has to be provided to patients in places like the emergency room regardless of patients' ability to pay or not (Babalola, 2017).

According to the human capital model, the demand for healthcare comes from the desire of the consumer to gain good health (Grossman, 2000, Becker 1962). Most people prefer being healthy to being sick. Another factor that makes health care different from most other goods and services is that it is

simultaneously an investment (Orayo, 2014). The money the consumer spends on being healthy today will also benefit the consumer in the future. Another key characteristic of health care is that demand is relatively inelastic (Halamka, 2011). If a consumer is sick and requires medical care, the consumer will purchase healthcare services at almost any price. The consumers' ability to purchase healthcare is ultimately limited by the customers' income, but consumers are likely to trade off spending on many other products to purchase the medical care needed.

### 3. Analytical Framework

This study applied Mwabu's framework (2007), an earlier version proposed by Rosenzweig and Schultz (1983). An STI patient is assumed to maximize the following utility function.

$$U = U(X, Y, H) \dots\dots\dots 2.1$$

The utility depends on a health-neutral good (X), a health-related good, or an STI patient's behavior that affects his/her health (Y) and the health status (H). The individual's (STI patient) health is produced using the following health production function.

$$H = F(Y, Z, \mu) \dots\dots\dots 2.2$$

Where Z refers to healthcare services purchased by STI patients,  $\mu$  refers to the genetic and environmental factors that may affect the health status of the STI patient but which he or she has no control over and Y the health-related behavior. The STI patient maximizes his/her utility function subject to the health production function and the budget constraint is given as:

$$I = XP_x + YP_y + ZP_z \dots\dots\dots 2.3$$

Whereby I am the exogenous income,  
 $P_x$  is the price of the health neutral good  
 $P_y$  is the price of the health-related good  
 $P_z$  is the price of STI related services

The demand for health-related goods, non-health-related goods, and healthcare services by STI patients can be expressed as follows:

$$X = D_x (P_x, P_y, I, \mu) \dots\dots\dots 2.4$$

$$Y = D_y (P_x, P_y, I, \mu) \dots\dots\dots 2.5$$

$$Z = D_z (P_x, P_y, I, \mu) \dots\dots\dots 2.6$$

This indicates that demand for healthcare services by STI patients is a function of the price of healthcare services, price of other goods, and income.

### 4. Empirical Model and Specification

To establish an empirical relationship between various determinants and healthcare use among STI patients, the study used the probit model. The choice for this model is because the dependent variable is binary. According

to Mwabu (2007), we assume that there exists a linear relationship between the latent variable  $y^*$  and explanatory variables ( $X_i$ ). The structural model is stated as follows:

$$y^* = X_i\beta + \varepsilon \dots\dots\dots 2.7$$

Where:  $X_i$  is a vector of explanatory variables  
 $\beta$  is a vector of parameters to be estimated  
 $\varepsilon$  is the error term

Whereby  $y = 1$  when  $y^* > 0$

The probability of using healthcare services among STI patients as a function of a set of independent variables is given as follows:

Where:

$$G(z) \equiv \Phi(z) \equiv \int_{-\infty}^z \phi(v)dv \dots\dots\dots 2.8$$

Whereas  $\phi(z)$  is the standard normal density  $\phi(z) = (2\pi)^{-1/2} \exp(-z^2/2)$

The model to be estimated is specified as follows:

$$y = \beta_0 + \beta_1X1 + \beta_2X2 + \beta_3X3 + \beta_4X4 + \beta_5X5 + \beta_6X6 + \beta_7X7 + \beta_8X8 + \beta_9X9 + \beta_{10}X10 + \beta_{11}X11 + \varepsilon \dots\dots\dots 2.9$$

Where  $y$  is a dummy variable representing uptake of healthcare services by STI patient,  $X1=$ Age,  $X2=$  Sex,  $X3=$  Marital Status,  $X4=$  Level of Education,  $X5=$  Wealth Index,  $X6=$  Employment Status,  $X7=$  Place of Residence.  $X8=$  Medical Insurance,  $X9=$  Religion,  $X10=$  Sex Partners  $X11=$  Autonomy in Decision Making.  $\beta_i =$  estimated coefficients,  $X_i =$  the various independent variables

**Table 1: Measurement and definition of variables**

Variables	Definition and Measurement	Expected Sign
Health Care Seeking for STIs patients	A dummy variable taking the value of 1 if the respondent sought general healthcare services, 0 otherwise.	
Age	Age of the respondent in completed years	Positive
Age squared	This is the age of the respondent squared. It measures the experience of an STI patient in seeking health care. As one gets older, they are more knowledgeable on why they should seek early treatment	Negative
Sex	This is the respondent's gender, a dummy variable taking the value of 1 if the respondent is male and 0 otherwise.	Negative
Marital Status	This is the current marital status measured as a dummy variable taking the value of 1 if married, 2 if single, 3 if divorced/widowed, 4 if separated. Single is the reference variable	Indeterminate
Education Level	This is the highest level of education attained by the respondent. It is a dummy variable taking the value of 1 if the respondent has no education, 2 = primary education, 3 = secondary education, and 4 =post-secondary education. No education is the reference variable.	Positive

Wealth index	A categorical variable takes the value of 1 =poor, 2 =middle and 3=rich. Poor is the reference category	Positive
Employment	A dummy variable, 1 if employed and 0 if otherwise	Positive
Residence	This is the current type of residence. It is measured as a dummy variable taking the value of 1= urban and 0 = rural	Positive
Distance to nearest health facilities	A dummy variable taking the value of 1 if more than 5 kilometers, and 0 if less than or equal to 5 kilometers	Negative
Medical Insurance Ownership	A dummy variable taking the value of 1 if one has insurance, and 0 otherwise	Positive
Religion	A dummy variable taking the value of 1 if one belongs to any religion, 0 if no religion	Indeterminate
Sex Partners	A dummy variable taking the value of 1 if no sex partner, 2 if one sex partner, and 3 if more than one sex partners	Positive
Autonomy in Decision Making	A dummy variable taking the value of 1 if Self-decision making on own health, 0 if the decision on own health is made from spouse or both	Positive

## 5. Data Source and Type

The study employed the latest Kenya Demographic and Health Survey (KDHS) datasets (KDHS, 2014). The KDHS contains national-level and county-level data from 40,300 households. This data contained all factors or variables for individuals seeking different types of healthcare services including for STI patients. Information contained in the dataset included demographic and socioeconomic profiles of the respondents such as education levels, age, gender, occupation, as well as health-seeking behavior. The sample for this study was obtained using a two-stage cluster sampling approach. In the first stage, 1,612 clusters were extracted from the master sampling frame. In the second stage, 25 households were systematically extracted from each cluster.

## 6. Data Analysis

The data were analyzed using STATA version 14 software. Descriptive statistics including frequency, percentage, mean, and standard deviation (SD) were done to describe the characteristics of the study sample. Probit regression analysis was done to examine the relationships between health care use among STI patients and socio-demographics self-reported health status, health facility-related factors. The results presented are the marginal effects and the coefficients show the elasticities.

## 7. Results

### 8. Socio-demographic characteristics

The mean age of the STI patients was found to be  $29 \pm 9.39$  years. More than half of the respondents were married (57% of the respondents) and a half

(50%) and 28% of the respondents attained primary and secondary levels of education. Similarly, on wealth quintiles, there was a constant trend in distribution across different wealth cadres. Apart from the 23% of the respondents who were in the poorest quintile, the other four wealth categories had an almost equal distribution of wealth. The findings also showed that 57.4 percent of the respondents were working while 15.2 percent had medical insurance cover.

**Table 2:** Sociodemographic characteristics of the respondents

Variables	Observations	Mean	Std
Demand for healthcare services	31,079	.0831	.2761
Age	31,079	28.94	9.39
Marital Status (Married=1)	31,079	.5712	.4949
Education Levels			
No education at all	31,079	.1346	.3413
Primary level education	31,079	.5024	.5000
Secondary level education	31,079	.2766	.4473
Higher education	31,079	.0865	.2811
Wealth Index			
Poorest	31,079	.2337	.4232
Poorer	31,079	.1921	.3940
Middle	31,079	.1913	.3933
Rich	31,079	.1917	.3936
Richest	31,079	.1912	.3933
Employment status	14,724	.5740	.4945
Medical Insurance	14,733	.1520	.3591
Religion			
No religion	31,079	.0163	.1266
Christians	31,079	.8463	.3607
Muslims	31,079	.1339	.3405
Desire for More children	13,947	.5704	.4950
Distance to a health facility	14,735	.7361	.4408
Exposure to Mass Media	31,079	.8267	.3785

Source: Calculations based on KDHS data (2014)

The results of the probit regression analysis are presented in Table 3. Factors such as age ( $\beta = 0.1940$ ,  $p$ -value = 0.000), age squared ( $\beta = -0.0031$ ,  $p$ -value = 0.000), marital status ( $\beta = 0.4109$ ,  $p$ -value = 0.000), having primary education ( $\beta = -0.4790$ ;  $p$ -value = 0.000) and secondary education ( $\beta = 0.4463$ ;  $p$ -value = 0.000) were significantly attributed to respondents' decision to use STI services. Additionally, the respondents who had university and above education level ( $\beta = 0.5778$ ,  $p$ -value = 0.000) were more likely to seek STI treatment compared with those with no education.



Regarding respondents' wealth quintiles, the findings showed that those with higher incomes (second quintile;  $\beta = 0.2105$ ;  $p\text{-value} = 0.001$ , third wealth quintile,  $\beta = 0.2315$ ;  $p\text{-value} = 0.000$ ; fourth wealth quintile  $\beta = 0.2791$ ;  $p\text{-value} = 0.000$  and fifth wealth quintile,  $\beta = 0.4113$ ,  $p\text{-value} = 0.000$ ) were likely to seek STI health services compared to those in the first quintile. At 5%, the employment coefficient ( $\beta = 0.0918$ ,  $p\text{-value} = 0.018$ ) was positive and statistically significant indicating that being employed increased the likelihood of utilizing health care services by 0.0918. Additionally, the coefficient on sexual partners was positive and statistically significant ( $\beta = -0.457$ ,  $p\text{-value} = 0.043$ ) showing that having more than one sex partner had a beneficial effect on STI patients seeking health care services.

**Table 3:** Probit Regression Results

Demand for H/C	Coefficients	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf.	Interval]
Age	.1940	.0162	11.98	0.000	.1623	.2257
Age Squared	-.0031	.0002	-12.44	0.000	-.0035	-.0026
Marital Status (Married=1)	.4109	.0384	10.71	0.000	.3357	.4862
Education Level						
Primary	.4790	.0840	5.70	0.000	.3143	.6437
Secondary	.4463	.0907	4.92	0.000	.2685	.6241
Higher	.5778	.1016	5.69	0.000	.3786	.7770
Wealth Index						
Poorer	.2105	.0612	3.44	0.001	.0906	.3304
Middle	.2315	.0623	3.71	0.000	.1093	.3536
Rich	.2791	.0634	4.40	0.000	.1549	.4034
Richest	.4113	.0668	6.16	0.000	.2804	.5422
Employment Status	.0918	.0388	2.37	0.018	.0159	.1678
Place of Residence	.0473	.0117	.404	.003	.0241	.489
Medical Insurance	.0534	.0448	1.19	0.233	-.0344	.1412
Religion						
Christian	.0490	.1475	0.33	0.740	-.2402	.3381
Muslim	-.1592	.1597	-1.00	0.319	-.4721	.1537
Sex Partners	.457	.0628	7.277	.043	.264	.581
Autonomy in Decision making	.1089	.0599	1.82	0.069	-.0086	.2263
_cons	-5.2618	.3032	-17.35	0.000	-5.8561	-4.6674

To interpret the probit results for policy purposes, the study examined the marginal effects of the health care utilization model's factors. The marginal effects are summarized in Table 4. The coefficient on age has a negative and statistically significant coefficient ( $\beta = 0.0275$ ,  $p = 0.000$ ) at the 5% level. This means that as the respondent's age increases, the likelihood of an STI patient utilizing health care services increases by 2.75 percent. However, age squared

( $\beta = 0.0275$ ,  $p$ -value =0.000) has a negative and statistically significant effect at the 5% level. This indicates that the relationship between age and health care service utilization was nonlinear. The fact that the age distribution of STI patients was not linear implies that as one age, the effect on health care service utilization declines. The marital status coefficient had a positive and statistically significant effect on the use of health care services among STI patients in Kenya ( $\beta= 0.0584$ ,  $p$  value=0.000). This means that married STI patients were 5.8 percent more likely to use health care services compared to those who are not married.

The study compared individuals with primary, secondary, and tertiary education to those with no education. Primary education had a coefficient of ( $\beta= 0.0528$ ,  $p$ -value=0.000), indicating that STI patients with a primary level of education were 5.28 percent more likely to use health care services than those with no education. Secondary education had a positive and statistically significant effect of health care utilisation ( $\beta = 0.0480$ ,  $p$ -value = 0.000). This shows that STI patients having a secondary education were 4.8 percent more likely to use health care services than those with no education. Additionally, the coefficient for higher education was positive and statistically significant ( $\beta=0.0684$ ,  $p$ -value = 0.000) implying that STI patients with a higher level of education were 6.84 percent more likely to use health care services than those with no education.

Regarding wealth quintiles of STI patients, the results showed that those in the second wealth quintile ( $\beta = 0.0253$ ,  $p$ -value=0.000), third wealth quintile was ( $\beta = 0.0282$ ,  $p$ -value=0.000), fourth wealth quintile ( $\beta = 0.0352$ ,  $p$ -value=0.000) and fifth wealth quintile ( $\beta = 0.0565$ ,  $p$ -0.000) were more likely than those in the first wealth quintile to seek health care services. Employment ( $\beta = 0.0130$ ,  $p$ -value = 0.018) was found to be positive and statistically significant, indicating that being employed increased the likelihood of seeking health care services by 1.3 percent among STI patients. Having a sexual partner was negatively associated with seeking health care services ( $\beta= -0.0783$ ,  $p$ - value=0.0443).

**Table 4: Average Marginal Effects of health-seeking behavior among STI patients in Kenya)**

Demand health care	Marginal Effects	Std. Err.	Z	P>z	[95% Conf.	Interval]
Age	.0275	.0023	11.89	0.00 0	.0230	.0321
Age Squared	-.0004	.00004	- 12.35	0.00 0	-.0005	-.0004
Marital Status (Married=1)	.0584	.0054	10.66	0.00 0	.0476	.0691
Education Level						
Primary	.0528	.007	7.50	0.00 0	.0390	.0666

Secondary	.0480	.0082	5.89	0.00 0	.0320	.0640
Higher	.0684	.0114	6.00	0.00 0	.0461	.0908
Wealth Index						
Poorer	.0253	.0072	3.53	0.00 0	.0113	.0393
Middle	.0282	.0074	3.83	0.00 0	.0138	.0427
Rich	.0352	.0077	4.57	0.00 0	.0201	.0502
Richest	.0565	.0089	6.32	0.00 0	.0390	.0740
Employment Status	.0130	.0055	2.37	0.01 8	.0022	.0238
Place of Residence	.0542	.0126	4.302	0.03 2	.0372	.0631
Medical Insurance	.0076	.0064	1.19	0.23 3	-.0049	.0200
Religion						
Christian	.0069	.0202	0.34	0.73 3	-.0327	.0464
Muslim	-.0197	.0212	-0.93	0.35 2	-.0612	.0218
Sex Partners	-.0783	.0547	1.431	.044 3	.0665	.0901
Autonomy in Decision making	.0029	.0057	0.51	0.60 9	-.0082	.0140
-Cons	.0155	.0085	1.82	0.06 9	-.0012	.0321

## 9. Discussion

This study provides a snapshot of determining factors of health care services among sexually transmitted infections patients in Kenya. Information on factors influencing demand for STI health care services is essential to form evidence-based health policies and efficiently manage the resources in the country based on the demand and influencing factors.

The probit regression analysis revealed that having a higher educational level (secondary school and above) of STI patients increases the probability of seeking medical care than with no education. This finding is consistent with studies conducted by (Pazol, 2015), Asiimwe (2013), and (O'Donnell, 2018). These studies concluded that having a higher level of education has a significant positive effect on healthcare seeking among STI people. This might be because educated people may have better awareness about the importance of seeking medical care services. Similarly, the age of the patient is statistically significant and positively associated with health care demand.

This implies that if the age of an STI patient were to increase by one year, the likelihood of an STI patient utilizing health care services increases by 2.75 percent. This result is supported by the studies conducted in urban Ethiopia and rural Ethiopia (Shiferaw et al. 2011).

Similarly, being married was found to be another factor statistically associated with the demand for health care services among STI patients. Married STI patients were 5.8 percent more likely to seek treatment than nonmarried patients. This finding is in-line with the study by Naing et al. (2012) which found that single individuals have a significantly lower tendency to seek medical treatment than those married. This suggests that nonmarried STI patients should be given priority in policies targeted at improving STI patients' healthcare-seeking behavior.

Economic status was also found to be a significant determinant of health care among STI patients. Patients in the richer and richest wealth quintile level were more likely to seek treatment than patients in the poorest wealth quintile. This finding highlights the complex relationship between economic status and health care service utilization. This means the lower wealth quintile is associated with reduced chances that STI patients would seek care. This finding is supported by studies conducted in Ethiopia, and Ghana (Moges et al. 2013; Adanu et al. 2008). STI patients who have a good economic status can overcome financial barriers to access health care services.

Being employed was also found to be significantly associated with increased use of healthcare services among STI patients. This implies that STI patients who are employed are more likely to pay for health care services and other associated costs than their unemployed counterparts. Grossman (1972) and (Andersen, 1995), (Wooldridge, 2020), indicated that increased incomes enable an individual to seek more health services.

## **9. Strength and limitations of the study**

This analysis identified key determinants associated with the demand for health care services among STI patients. The study is based on nationally representative data with a large number of STI patients. The study has a few limitations. Information on the presence of an STI in this study is based on the self-report of STI syndromes. This may underestimate the STI burden due to two reasons. The first reason is that most STIs are asymptomatic. Therefore, respondents may not report the symptoms. The second reason is that most respondents with STIs may feel embarrassed or ashamed to admit to having STIs. Therefore, they may not report the symptoms.

## **10. Conclusions**

This analysis revealed that age, marital status, education levels (primary, secondary, and post-secondary), wealth quintiles, employment

status, residence, and the number of sex partners are all significant predictors of healthcare utilization among STI patients in Kenya. Therefore, there is a need for the government to consider addressing demand-side factors influencing the use of healthcare services among STI patients. Furthermore, health educations interventions focusing on reducing the number of sexual partners and the importance of seeking treatment for STIs are important to reduce STIs.

### **Contribution of authors**

Pauline Ogola conceived and designed the study as well as collected and analyzed the data. Urbanus Kioko reviewed the manuscript and made additional inputs to buttress the discussion. All authors mentioned in the article approved the manuscript.

### **References:**

1. Adanu et al. (2008). Sexually transmitted infections and health-seeking behavior among Ghanaian women in Accra. *Afr J Reprod Health*. 2008;12(3):151–8.,
2. Agambire, R., & Clerk, C. (2013). Healthcare seeking and sexual behavior of clients attending the suntreso STI clinic. *J Biol Agric Health*, 3(10), 92-100.
3. Andersen, R. M. (1995, March). Revisiting the Behavioral Model and Access to Medical Care: Does it Matter? *Journal of Health and Social Behavior*, 36(1), 1-10.
4. Babalola, O. (2017). Consumers and their demand for healthcare. *Journal of Health & Medical Economics*, 3(1), 6-8.
5. Becker, G. S. (1962). Investment in human capital: A theoretical analysis. *Journal of political economy*, 70(5, Part 2), 9-49.
6. Chesang, K., Hornston, S., Muhenje, O., Saliku, T., Mirjahangir, J., Viitanen, A... & Bock, N. (2017). Healthcare provider perspectives on managing sexually transmitted infections in HIV care settings in Kenya: A qualitative thematic analysis. *PLoS medicine*, 14(12), e1002480.
7. Crago, A. L. (2020). *Chercher La Vie: Births, Deaths, Labour and Militarized Border-Crossing among Sex Workers in an Area of Armed Conflict in Eastern Democratic Republic of Congo* (Doctoral dissertation).
8. Debrah Asiimwe, G. O. (2013). Prevalence and Risk Factors Associated with Type 2 Diabetes in Elderly Patients Aged 45-80 Years at Kanungu District. *Journal of diabetes research*. Retrieved 2021
9. Djomand, G., Gao, H., Singa, B., Hornston, S., Bennett, E., Odek, J & Bock, N. (2016). Genital infections and syndromic diagnosis among

- HIV-infected women in HIV care programs in Kenya. *International Journal of STD & AIDS*, 27(1), 19-24.
10. Eaton, L. A., Earnshaw, V. A., Maksut, J. L., Thorson, K. R., Watson, R. J., & Bauermeister, J. A. (2018). Experiences of stigma and health care engagement among Black MSM newly diagnosed with HIV/STI. *Journal of behavioral medicine*, 41(4), 458-466.
  11. Dagnev GW, Asresie MB, Fekadu GA, Gelaw YM (2020) Factors associated with the divorce from the first union among women in Ethiopia: Further analysis of the 2016 Ethiopia demographic and health survey data. *PLoS ONE* 15(12): e0244014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244014>.
  12. Graffigna, G., Barello, S., Bonanomi, A., & Riva, G. (2017). Factors affecting patients' online health information-seeking behaviors: The role of the Patient Health Engagement (PHE) Model. *Patient education and counseling*, 100(10), 1918-1927.
  13. Grossman, M. (1972). On the concept of health capital and the demand for health. *Journal of Political economy*, 80(2), 223-255.
  14. Grossman, M. (2000). The human capital model. In *Handbook of health economics* (Vol. 1, pp. 347-408). Elsevier.
  15. Halamka, J. (2011). Healthcare is different. *Life as a Healthcare CIO Blog*.
  16. Iorkosu, T. S., Emmanuel, V. O., Benjamin, G. A., Tsembe, D. D., Aluka, T. M., & Ajai, F. (2020). Utilization of Traditional Medication for the Treatment of Vaginal Infection among Women of Reproductive Age in Makurdi Metropolis of Benue State, Nigeria.
  17. Kerrigan, D., Donastorg, Y., Barrington, C., Perez, M., Gomez, H., Mbwambo, J., ... & Karver, T. S. (2020). Assessing and Addressing Social Determinants of HIV among Female Sex Workers in the Dominican Republic and Tanzania through Community empowerment-based Responses. *Current HIV/AIDS Reports*, 1-9.
  18. Muriithi, M. K. (2013). The determinants of health-seeking behavior in a Nairobi slum, Kenya. *European Scientific Journal*, 9(8).
  19. Moges B, Yismaw G, Kassu A, Megabiaw B, Alemu S, Amare B, Muluye D. Sexually transmitted infections based on the syndromic approach in Gondar town, northwest Ethiopia: a retrospective study. *BMC Public Health*. 2013;13(1):143
  20. Mwabu, G. (2007, May). *Health Economics for Low-Income Countries*. Yale University Economic Growth Center Discussion Paper No. 955, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=988379>.
  21. Mwabu, A. K. (2010). *Human Development in Africa*. Human Development Research Papers (2009 to present) HDRP-2010-08.

- Human Development Report Office (HDRO), United Nations Development Programme (UNDP).
22. Nahu, A. (2006). Determinants of demand for health care services and their implication on Health care financing: the case of Bure town. *Ethiopian Journal of Economics*, 11(683-2016-46848), 89-122.
  23. Naing, T, Geater, A, Pungrassami, P. 2012] Migrant workers' occupation and healthcare-seeking preferences for TB-suspicious symptoms and other health problems: a survey among immigrant workers in Songkhla province, southern Thailand. *BMC Int Health Hum Rights*. 2012;12:22. Google Scholar [Crossref] research
  24. National AIDS and STI Control Programme (2014). Kenya AIDS indicator survey 2012: final report. Nairobi: NASCOP.
  25. Orayo, J. A. (2014). Determinants of Health insurance demand among the migrants in Kenya (Doctoral dissertation, University of Nairobi).
  26. O'Donnell O (2018). Access to health care in developing countries: breaking down demand-side barriers. *Cad Saude Publica*. 2007;23(12):2820- 2834; Prosser Trish. Utilization of Health and Medical Services: Factors influencing health care seeking behavior and unmet needs in rural areas of Kenya. Theses Dr. Masters. 2007. <http://ro.ecu.edu.au/theses/46>. Accessed October 3, 2018].
  27. Pazol, Z. T.-S. (2015). Impact of Contraceptive Education on Contraceptive Knowledge and Decision Making: A Systematic Review. *Pubmed*.
  28. Pokhrel, S., & Sauerborn, R. (2004). Household decision-making on child health care in developing countries: the case of Nepal. *Health Policy and Planning*, 19(4), 218-233.
  29. Ramchandani, M. S., & Golden, M. R. (2019). Confronting rising STIs in the era of PrEP and treatment as prevention. *Current HIV/AIDS Reports*, 16(3), 244-256.
  30. Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. *The American economic review*, 1-17.
  31. Shiferaw, Y., Alemu, A., Girma, A., Getahun, A., Kassa, A., Gashaw, A., ... & Gelaw, B. (2011). Assessment of knowledge, attitude, and risk behaviors towards HIV/AIDS and other sexually transmitted infections among preparatory students of Gondar town, northwest Ethiopia. *BMC research notes*, 4(1), 505.
  32. Singa, B., Glick, S. N., Bock, N., Walson, J., Chaba, L., Odek, J. & John-Stewart, G. (2013). Sexually transmitted infections among HIV-infected adults in HIV care programs in Kenya: a national sample of HIV clinics. *Sexually transmitted diseases*, 40(2), 148.
  33. Tsadik, M., Lam, L., & Hadush, Z. (2019). Delayed health care seeking is high among patients presenting with sexually transmitted infections

- in HIV hotspot areas, Gambella town, Ethiopia. *HIV/AIDS (Auckland, NZ)*, 11, 201.
34. Wand, H., Reddy, T., Dassaye, R., Moodley, J., Naidoo, S., & Ramjee, G. (2020). Estimating prevalence and incidence of sexually transmitted infections among South African women: Implications of combined impacts of risk factors. *International Journal of STD & AIDS*, 31(11), 1093-1101.
  35. Wanyoike A. N (2016). Determinants of Demand for Healthcare Services in Private Hospitals in Kenya (Doctoral dissertation, University of Nairobi).
  36. Wellay, T., Gebreslassie, M., Mesele, M., Gebretinsae, H., Ayele, B., Tewelde, A., & Zewedie, Y. (2018). Demand for health care service and associated factors among patients in the community of Tsegedie District, Northern Ethiopia. *BMC health services research*, 18(1), 697.
  37. Wooldridge, J. M. (2020). *Introductory econometrics, A modern approach* (7th ed.).
  38. Workowski, K. A., & Bolan, G. A. (2015). Sexually transmitted diseases treatment guidelines, 2015. *MMWR. Recommendations and reports: Morbidity and mortality weekly report. Recommendations and reports*, 64(RR-03), 1.
  39. World Health Organization (2016). *Global Health Sector Strategy on Sexually Transmitted Diseases*; Geneva: WHO.
  40. World Health Organization (2012). *Global incidence and prevalence of selected curable sexually transmitted infections-2008*.
  41. World Health Organization (2021). *Sexually transmitted infections (STIs)*. Sexually transmitted infections (STIs) (who.int).





ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Diversité Et Activité Antimicrobienne Des Plantes Impliquées Dans Le Traitement Des Affections Dermatologiques Chez Les Peul Et Les Wolof Du Ferlo Nord (Sénégal)**

***Bétémondji Désiré Diatta,***

Laboratoire de Botanique, Département de Botanique et Géologie, IFAN  
Cheikh. A. Diop/UCAD « Environnement, Santé et Société », Faculté de  
Médecine Pharmacie Odontostomatologie UCAD

***Ousmane Niass,***

Laboratoire de chimie analytique Faculté de Médecine Pharmacie  
Odontostomatologie à l'université Cheikh Anta Diop de Dakar, Afrique

***Mathieu Gueye,***

Département de Botanique et Géologie, Laboratoire de Botanique, IFAN  
Cheikh. A. Diop/UCAD Sénégal

***Emeline Houël,***

CNRS, UMR EcoFoG, AgroParisTech, Cirad, INRA, Université de Guyane,  
Cayenne, France

***Gilles Boetsch,***

Directeur de recherche au CNRS, Environnement, santé société, faculté de  
médecine secteur Nord, Marseille, France

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n8p73](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p73)

Submitted: 23 November 2021

Accepted: 28 January 2022

Published: 28 February 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Diatta B.D., Niass O., Gueye M., Houël M., & Boetsch G., (2022). *Diversité Et Activité Antimicrobienne Des Plantes Impliquées Dans Le Traitement Des Affections Dermatologiques Chez Les Peul Et Les Wolof Du Ferlo Nord (Sénégal)* European Scientific Journal, ESJ, 18 (8), 73.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p73>

### **Résumé**

Ce travail adhère à l'initiative de valorisation des végétaux conduite par la Grande Muraille Verte (GMV) pour faire face à la disparition des végétaux et des savoir-faire végétaux associés. L'objectif de cette étude est de déterminer la diversité végétale impliquée dans le traitement des pathologies dermatologiques au Ferlo (Sénégal) et d'évaluer l'activité antimicrobienne des plantes les plus utilisées. Pour ce faire, un guide d'entretien semi directif a été

soumis aux enquêtes, afin de recueillir la diversité des plantes utilisées au Ferlo dans le traitement des dermatoses. Des tests de micro dilution ont permis d'évaluer la concentration minimale inhibitrice (CMI) d'extraits de Sept (7) plantes contre une souche fongique (*Candida albicans*) et une bactérienne (*Staphylococcus aureus*). Vingt-huit (28) espèces réparties dans 26 genres et 14 familles ont été recensées comme impliquées dans le traitement des affections dermatologiques. L'écorce est la partie la plus exploitée, puis le latex, tandis que, la décoction, suivie de l'usage direct représentent les modes de préparation les plus fréquents. Treize (13) parmi les plantes proposées sont exclusivement utilisées contre les dermatoses, quatre (4) fréquemment exploitées, et onze (11) occasionnellement recommandées. Widou Thiengoli est la localité où l'on exploite le plus d'espèces suivi de Loughere Thiolly. *Leptadenia lancifolia* (Schumach.& Thonn.) Decne. *Stereospermum kunthianum* Cham. et *Sterculia setigera* Delile ont été identifiées comme actives contre *Candida albicans* avec respectivement des CMI de 1,5 mg/ml pour les deux premières et 0,755 mg/ml pour la troisième. *Acacia seyal* Delile, *Sterculia setigera* Delile et *Anogeissus leiocarpa* (DC) Guill. & Perr. ont détruit *Staphylococcus aureus* avec respectivement des CMI de 3 mg/ml pour les deux premières et 1,5 mg/ml pour la troisième.

---

**Mots-clés** : Ethnobotanique, Affections dermatologiques, Activités antimicrobiennes, Ferlo Nord, Sénégal

## **Diversity, Antibacterial And Antifungal Activities of Plants Involved in the Treatment Of Dermatological Conditions in the Peul and Wolof of the North of Ferlo (Senegal)**

***Bétémondji Désiré Diatta,***

Laboratoire de Botanique, Département de Botanique et Géologie, IFAN  
Cheikh. A. Diop/UCAD « Environnement, Santé et Société », Faculté de  
Médecine Pharmacie Odontostomatologie UCAD

***Ousmane Niass,***

Laboratoire de chimie analytique Faculté de Médecine Pharmacie  
Odontostomatologie à l'université Cheikh Anta Diop de Dakar, Afrique

***Mathieu Gueye,***

Département de Botanique et Géologie, Laboratoire de Botanique, IFAN  
Cheikh. A. Diop/UCAD Sénégal

***Emeline Houël,***

CNRS, UMR EcoFoG, AgroParisTech, Cirad, INRA, Université de Guyane,  
Cayenne, France

***Gilles Boetsch,***

Directeur de recherche au CNRS, Environnement, santé société, faculté de  
médecine secteur Nord, Marseille, France

---

### **Abstract**

This work adheres to the plant enhancement initiative led by the Great Green Wall (GGW) to deal with the disappearance of plants and associated plant know-how. The objective of this study is to determine the plant diversity involved in the treatment of dermatological pathologies in Ferlo (Senegal) and to evaluate the antimicrobial activity of the most used plants. To do this, a semi-directive interview guide was submitted to respondents, in order to promote the diversity of plants used at Ferlo in the treatment of dermatoses. Microdilution tests made it possible to evaluate the minimum inhibitory concentration (MIC) of extracts of seven (7) plants against a fungal strain (*Candida albicans*) and a bacterial strain (*Staphylococcus aureus*). Twenty-eight (28) species distributed in 26 genera and 14 families have been referenced as involved in the treatment of dermatological conditions. The bark is the most used part, then the latex, while the decoction, followed by direct use, represents the most frequent methods of preparation. Thirteen (13) among the proposed plants are exclusively used against dermatoses, four (4) frequently used, and eleven (11) occasionally recommended. Widou Thiengoli is the locality where the most species are exploited, followed by Loughere Thiolly. *Leptadenia lancifolia* (Schumach. & Thonn.) Decne. *Stereospermum kunthianum* Cham. and *Sterculia setigera* Delile were administered as active

agents against *Candida albicans* with MICs of 1.5 mg/ml for the first two and 0.755 mg/ml for the third, respectively. *Acacia seyal* Delile, *Sterculia setigera* Delile and *Anogeissus leiocarpa* (DC) Guill. & Perr. destroyed *Staphylococcus aureus* with respectively MICs of 3 mg/ml for the first two and 1.5 mg/ml for the third.

---

**Keywords:** Ethnobotany, Dermatological conditions, Antimicrobial activities, North Ferlo, Senegal.

## Introduction

La santé et la beauté de la peau constituent une préoccupation constante au Ferlo. Une peau saine, dépourvue d'irruptions, de plaies, d'irrégularités est, symbole de santé, mais aussi d'appartenance à une classe sociale favorisée (Diatta, 2019). Toute altération de la peau, en particulier celle du visage, serait considérée comme dévalorisante et liée à un discrédit moral, voire religieux. Par ailleurs, les affections dermatologiques humaines représentent en zone intertropicale, et notamment au Sénégal un sérieux problème de santé.

Les maladies cutanées sont très présentes au Ferlo notamment dans la commune de Téssékéré Forage et y sont et traditionnellement traitées (Cissé *et al.*, 2016). Malgré la fragilité de son écosystème, la flore locale est diversement utilisée par la population locale (Cissé *et al.*, 2016 ; Niang *et al.*, 2014). La précarité des milieux dans lesquels vivent ces populations, ajoutée aux nombreux travaux physiques qu'elles sont contraintes de réaliser à longueur de journée les expose à plus d'altérations de la peau (Senghor, 2008). Les troubles dermatologiques sont également aujourd'hui aggravés par la multiplication d'infections opportunistes liées au VIH/ SIDA (Mozouloua *et al.*, 2011). Les patients infectés par le VIH, présentent souvent une résistance au traitement par l'antifongique le plus couramment utilisé, le fluconazole (Redding *et al.*, 1994).

De plus, le coût des traitements médicaux n'étant souvent pas à la portée des populations, le recours à la médecine traditionnelle, devient alors incontournable. Si des études antérieures réalisées au Sénégal (Diatta *et al.*, 2013; Cissé *et al.*, 2012) ont permis de recenser une flore abondante impliquée dans le traitement des dermatoses, l'essentiel des espèces proposées dans cette médecine traditionnelle n'ont pas fait l'objet de recherche ni pour leur teneur phytochimique ni pour leurs propriétés pharmacologiques (Togola, 2005). L'intérêt actuel croissant de l'usage des plantes, notamment médicinales, comme alternative sûre et renouvelable aux molécules synthétiques permet ainsi de légitimer les recherches sur les propriétés des plantes (Rodrigues *et al.*, 2019; Houël *et al.*, 2014 ; Rios et Recio, 2005 ). En effet, il existe

aujourd'hui sur le marché quelques antifongiques connus d'origine végétale ou inspirés par les plantes (Newmann et Cragg, 2016).

C'est pourquoi, l'objectif de cette étude est recueillir les plantes proposées dans le traitement des dermatoses au Ferlo et déterminer l'activité antimicrobienne des espèces les plus citées contre deux souches microbiennes pathogènes.

## Méthodologie

### Zone d'étude

Le Ferlo, situé entre les latitudes 15° et 16° 30 Nord et les longitudes 13° 30 et 16° Ouest, couvre une superficie de 70.000 km<sup>2</sup> (Miehe, 2007). Il est au Nord du Sénégal et plus précisément entre la vallée du fleuve Sénégal au Nord et à l'Est, le lac de Guiers à l'Ouest et la vallée fossile du Ferlo au Sud. Cette région comporte un climat semi-aride distinctif de la ceinture sahélienne, avec des précipitations annuelles de 300-600 mm/an. L'année est scindée en deux saisons : une brève saison des pluies, de juillet à septembre-octobre et une saison sèche de 8 à 9 mois entre octobre-novembre et juin (Bakhoum, 2013). Les températures, comprises entre 24 et 30°C, comportent une valeur moyenne de 27,7°C. La végétation est une steppe avec une strate herbacée importante et des espèces ligneuses de petite taille (arbres et arbustes), en majorité épineuses, et clairsemées (Ndong *et al.*, 2015 ; Niang *et al.*, 2014). D'un point de vue socio-démographique, le Ferlo est habité en majorité par des Peul (90%) et des Wolof (10%) (Niang *et al.*, 2014). Les enquêtes ethnobotaniques ont été menées dans les villages de Widou Thiengoli, Tèssékéré Forage, Amaly, Labgar, Loughère Thiolly et Barkédji (Ferlo Nord) (**Figure 1**). La commune de Tessekere Forage comporte la moitié des localités visitées et a une population estimée à 9281 habitants lors du recensement de 2013 (ANSD, 2013).

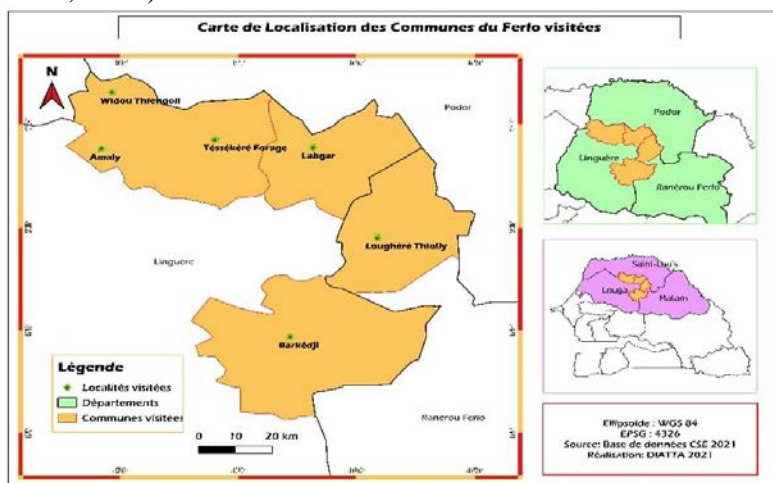


Figure 1 Situation géographique des localités visitées lors de l'enquête au Ferlo.

## Enquêtes ethnobotaniques

Les enquêtes ont été réalisées selon la technique des entretiens ouverts semi-structurés, grâce à un guide d'entretien élaboré de manière à recueillir tous les noms des plantes ayant une ou des fonctions cosmétiques dans la zone, les parties de plantes utilisées, le mode de préparation, le mode d'utilisation et la partie du corps ciblée. Les conversations anodines et des observations directes ont par ailleurs été exploitées. Seules les plantes utilisées dans les affections dermatologiques sont présentées dans cette étude. Les enquêtes ethnobotaniques ont été réalisées entre 2014 et 2018. Le choix des personnes à interroger s'est fait avec l'aide de la population locale et pour chaque localité, les entretiens ont été poursuivis jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de nouvelles espèces citées (saturation). Un interprète possédant une bonne connaissance de la langue locale a été associé aux entretiens et les noms des plantes ont été donnés par les enquêtés eux-mêmes en langue locale peul et wolof. Des sorties de terrain ont ensuite été effectuées pour identifier les espèces indiquées et prélever des échantillons pour la confection d'un d'herbier. L'identification des espèces citées a été faite le plus souvent sur place à l'aide d'ouvrages de référence (Arbonier, 2002 ; Berhaut, 1967), confirmée par comparaison avec des échantillons d'herbier de la collection de l'IFAN. Les noms valides sont ceux du site <http://www.worldfloraonline.org/>. La cohérence des informations est vérifiée selon la technique d'El Rhaffari et *al.* (2002). Une information est considérée comme cohérente lorsqu'elle est rapportée au moins deux fois dans deux localités différentes et par des informateurs différents, sinon elle est dite divergente. Seules les informations cohérentes ont été retenues dans le traitement des données.

## Le traitement des données

Le traitement des données a été réalisé par des techniques statistiques descriptives et particulièrement par le calcul de l'indice de fidélité selon la méthode de Begossi (1996) selon la formule suivante :  $IF = \frac{Ip}{Iu} \times 100$   
Avec **Ip** le nombre d'informateurs ayant affirmé l'emploi d'une espèce précise dans une catégorie d'usage donnée et **Iu** le nombre total d'informateurs ayant cité la plante dans n'importe quelle catégorie d'usages.

## Extraction

Les plantes retenues pour l'évaluation de l'activité anti-microbienne ont été sélectionnées sur la base de leur nombre de citations et de leur niveau de fidélité. Les plantes ont été récoltées aux environs de 17 heures et pour chaque espèce, environ 500 g de matériel végétal ont été collectés et séchés à l'ombre à température ambiante, étalés sur des papiers de journal au laboratoire de botanique de l'IFAN. Les parties des plantes utilisées (écorce, feuilles, racines) ont ensuite été réduites en fine poudre par broyage à l'aide

d'un broyeur motorisé brabender® Duisburg . Pour chaque plante, 50 g de poudre ont été mis à macérer dans des bouteilles en verre avec 500 mL d'eau à 90°C et soumis à extraction pendant une heure (Niass *et al.*, 2015). Le mélange ainsi obtenu est filtré sous vide et la partie aqueuse est concentrée à sec à l'évaporateur rotatif.

### **Préparation des échantillons**

Les extraits aqueux secs obtenus ont été utilisés pour évaluer l'activité antimicrobienne des extraits sélectionnés. Ces extraits secs ont été dissous dans le diméthyle sulfoxyde (DMSO) (Sreekumar et Hosono, 1998 ) à une concentration de base de 6 mg/mL. Ce sont ces solutions qui sont utilisées pour l'évaluation de l'activité antimicrobienne.

### **Préparation des antibiotiques**

Les antibiotiques de références utilisées sont l'amoxicilline (United States Pharmacopoeia standard lot N° LOK369), la cloxacilline sodium (European Pharmacopoeia lot N° 3a) et le flucanazole. Toutes ces molécules ont été dissoutes dans du DMSO à une concentration de 6 mg/mL.

### **Détermination de l'activité antimicrobienne**

La méthode de diffusion sur disque a été utilisée pour tester les activités antibactériennes des différents extraits. Dans cette optique, des boîtes de Pétri contenant un milieu Mueller Hinton (MH) pour *Staphylococcus aureus* ATCC29213 et Sabouraud pour *Candida albicans* (Souche de laboratoire), ont étéensemencées avec un inoculum à 10<sup>5</sup> UFC par écouvillonnage. Des disques stériles de 0,6 cm de diamètre sont ensuite placés sur la couche supérieure du milieu gélosé. Puis un volume de 20 µL d'échantillon a été déposé sur chaque disque. Les boîtes ont ensuite été introduites dans l'étuve à 37°C pendant 24h pour la souche bactérienne (*Staphylococcus aureus*) et 48 heures pour la souche fongique (*Candida albicans*). L'activité antimicrobienne est obtenue en mesurant le diamètre d'inhibition autour des disques (deux fois).

### **Détermination de la Concentration Minimale Inhibitrice (CMI)**

La CMI, définie comme la plus faible concentration de l'échantillon qui inhibe la croissance visible d'un microbe, a été déterminée par la méthode de microdilution. Le milieu liquide utilisé est constitué de bouillon Mueller Hinton (M-H) pour *Staphylococcus aureus* ATCC29213 et de bouillon Sabouraud pour *Candida albicans* (Souche de laboratoire). La détermination de la CMI a été réalisée comme décrit ci-dessous. Dans chacun des puits de la plaque sont déposés 100 µL de milieu de culture. Dans les puits de la première colonne sont déposés 100 µL de chacune des solutions des produits à tester (extraits ou solutions d'antibiotique de référence). Les dilutions successives ont été faites à partir de cette première colonne, jusqu'à la dixième. Un

volume de 10 µL par puits d'une solution à 10<sup>5</sup> UFC d'inoculum (microorganisme en solution dans le milieu de culture) est ensuite déposé dans tous les puits de la première à la onzième colonne. Les dix premières colonnes de la plaque servent donc à mesurer la CMI (Concentration Minimale Inhibitrice), la onzième colonne est un témoin de la croissance bactérienne, et la douzième, qui ne contient que du milieu de culture, un témoin pour vérifier la non-contamination du milieu. Puis sur chaque puits 10 µL d'une suspension de culture bactérienne ou fongique à 10<sup>5</sup> UFC a été déposée. A partir d'une solution mère à 6 mg/mL d'extraits ou d'antibiotique, de diméthyle sulfoxyde (DMSO), des gammes finales de concentrations d'essai allant de 3 mg/mL à 6 µg/mL ont été préparées. Chaque microplaque a été couverte et incubée pendant 24 heures à 37°C. Des puits avec bouillon sans extraits avec inoculum et des puits avec bouillon sans inoculum ont été utilisés comme contrôle positif et négatif. Une coloration limpide du puits a été interprétée comme l'absence de croissance et les puits montrant un aspect trouble ont été considérés comme positifs en raison de la croissance microbienne.

## Résultats

### Diversité des espèces et modes d'administration

Les plantes collécées comme intervenant dans le traitement des dermatoses sont au nombre de vingt-huit (28) (**tableau 1**). Elles appartiennent à vingt-six (26) genres et quatorze (14) familles. La famille des *Fabaceae* comportant six (6) genres et sept (7) espèces est la plus diversifiée. Viennent ensuite les familles des *Malvaceae*, *Euphorbiaceae* et des *Combretaceae*. Les genres les plus représentés, *Senna* et *Jatropha* comptent chacun deux espèces. Les plantes les plus couramment citées sont *Jatropha chevalieri* (28%), *Acacia seyal* (15%), *Anogeissus leiocarpa* (8,4%), *Stereospermum kunthianum* (8%), *Sterculia setigera* (10%) et *Leptadenia lancifolia* (4%) (**tableau 1**).

Tableau 1 : Liste des plantes utilisées contre les affections dermatologiques au Ferlo

Famille	Espèce	Nom peul	Nom wolof	Mode d'administration	Nombre citations (Peul)	Nombre citations (Wolof)
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Anacardium occidentale</i> L	<i>Darkasse</i>	<i>Darkasse</i>	Application locale	3	1
				Boisson		
<i>Apocynaceae</i>	<i>Leptadenia lancifolia</i> (Schumach. & Thonn.) Decne.	<i>Thiapatoki</i>	<i>Tiakhat</i>	Boisson et bain	15	1
				Boisson et bain		
				Boisson et bain		



	<i>Adenium obesum</i> (Fors. Roem. & Sch	<i>Darbogel</i>		Bain	1	
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Stereospermu kunthianum</i> Cham.	<i>Golôbi</i>	<i>Yeti deum</i>	Boisson et bain	23	
<b>Capparaceae</b>	<i>Capparis tomentosa</i> L.	<i>Gummi Balewi</i>	<i>Khérégn</i>	Boisson et bain	1	
<b>Combretaceae</b>	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (D Guill. & Perr	<i>Kodioli</i>	<i>Ngédian</i>	Boisson et bain	20	6
				Boisson et bain		
				Boisson		
<i>Guiera senegalensis</i> J F. Gmel	<i>Géloki</i>	<i>Ngèr</i>	Boisson et bain	4		
			Boisson et bain			
	<i>Terminalia avicennioides</i> Guill & Perr	<i>Pulemi</i>		Boisson	1	
<b>Cucurbitaceae</b>	<i>Momordica charantia</i> L.	<i>Borbof</i>	<i>Mbeurbeuf</i>	Boisson et bain	4	2
<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Euphorbia balsamifera</i> Aiton	<i>Téyedoumwa</i>	<i>Salan</i>	Application locale	2	
				Boisson et bain		
	<i>Jatropha chevalieri</i> Be	<i>Kolle dieri</i>	<i>Viten u beut</i>	Application locale	83	1
Boisson et bain						
Boisson et bain						
	<i>Jatropha curcas</i> L.	<i>Tananani</i>	<i>Tabanani</i>	Application locale	2	1
<b>Fabaceae</b>	<i>Acacia seyal</i> Delile	<i>Bulbi</i>	<i>Surur</i>	Boisson et bain	38	6
	<i>Bauhinia rufescens</i> Lam	<i>Namari</i>	<i>Râda</i>	Boisson et bain	2	
	<i>Dalbergia melanoxylon</i> Guill. & Perr	<i>Dialambani</i>	<i>Dialamban</i>	Boisson et bain	1	
				Boisson		
	<i>Bauhinia reticulata</i> D	<i>Barkedji</i>	<i>Ngigiss</i>	Boisson et bain	1	
	<i>Badulo</i>	<i>Laydur</i>	Boisson et bain	1		

	<i>Senna italica</i> Mill			Boisson		
	<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link	<i>Aljana ji</i>	<i>Bantemare</i>	Boisson et bain	1	1
	<i>Tamarindus indica</i> L.	<i>Diadmi</i>	<i>Dakkar</i>	Boisson et bain	1	1
<b>Malvaceae</b>	<i>Sterculia setigera</i> Delile	<i>Bobori</i>	<i>Mbèp</i>	Application locale	30	
				Application locale		
	<i>Grewia bicolor</i> Juss.	<i>Kèlli</i>	<i>Kèl</i>	Boisson	1	
	<i>Waltheria indica</i> L.	<i>Kafaki</i>	<i>Matum Kewel</i>	Boisson	1	
<b>Rhamnaceae</b>	<i>Ziziphus mucronata</i> Willd.	<i>Diabi Fowrou</i>	<i>Dem buki</i>	Boisson et bain	2	1
<b>Rubiaceae</b>	<i>Mitracarpus hirtus</i> (L.) DC	<i>Sélut</i>	<i>Ndatukan</i>	Boisson et bain	4	
	<i>Mitragyna inermis</i> . (Willd.) Kuntze	<i>Koyli</i>	<i>Khos</i>	Boisson et bain Boisson	14	8
<b>Salvadoraceae</b>	<i>Salvadora persica</i> L.	<i>Gudi</i>	<i>Ngao</i>	Boisson et bain	1	
<b>Vitaceae</b>	<i>Cissus populnea</i> Guill. & Perr	<i>Bakagni</i>		Boisson et bain	1	
				Boisson		
<b>Zygophyllaceae</b>	<i>Balanites aegyptiaca</i> Delile	<i>Muthiteki</i>	<i>Sump</i>	Boisson et bain	4	

L'administration se fait essentiellement par voie orale et en application locale par bain (tableau 1). L'application directe sans aucune préparation concerne le latex. Beaucoup d'associations de plantes ont été proposées. Le nombre de plantes proposées par les informateurs varie d'un enquêté à un autre mais les procédés ne varient pas tellement. La plupart des enquêtés mentionnent deux à trois espèces mais certains vont jusqu'à cinq espèces. D'ailleurs, il existe une idée reçue au Ferlo selon laquelle toute association de sept racines de plantes différentes en décoction ou en macération soigne toujours.

### Niveaux de popularité des espèces proposées

Près de la moitié des espèces utilisées (*Leptadenia lancifolia*, *Stereospermum kunthianum*, *Capparis tomentosa*, *Euphorbia balsamifera*, *Bauhinia rufescens*, *Senna italica*, *Senna occidentalis*, *Sterculia setigera* et *Mitracarpus hirtus*) sont exclusivement utilisées contre les dermatoses (IF= 100) (figure 2). Nous avons ensuite des espèces telles que *Anogeissus leiocarpa*, *Jatropha curcas*, *Mitragyna inermis* et *Cissus populnea* (IF variant entre 50 et 80) qui sont fréquemment utilisées dans le traitement des dermatoses. Les espèces très peu exploitées sont : *Guiera senegalensis*, *Bauhinia rufescens*, *Tamarindus indica*, *Balanites aegyptiaca*, *Grewia bicolor*, et *Salvadora persica* (figure 2).

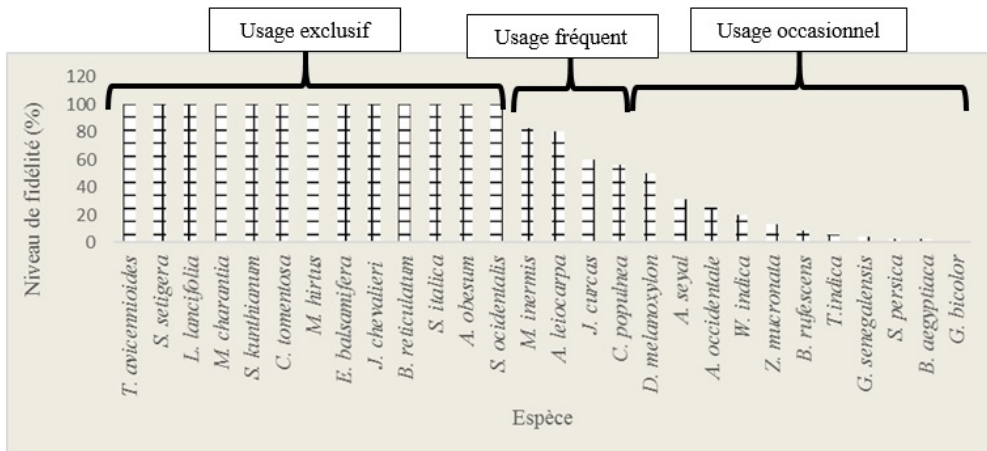
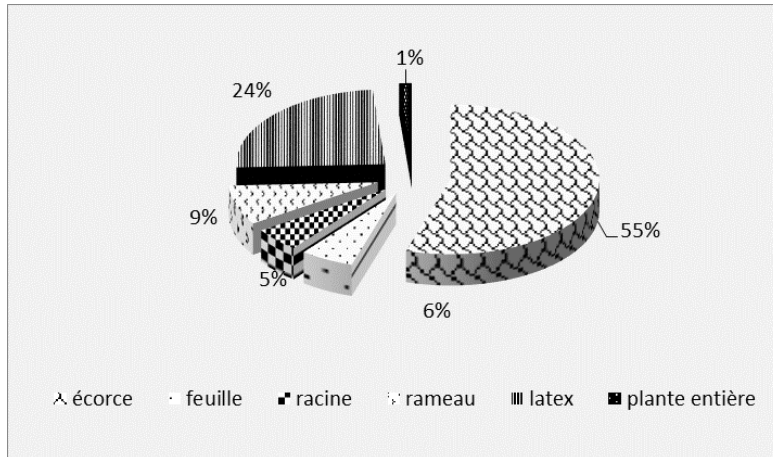


Figure 2 : Niveaux de popularité (exclusif, fréquent, occasionnel) des plantes utilisées contre les dermatoses au Ferlo.

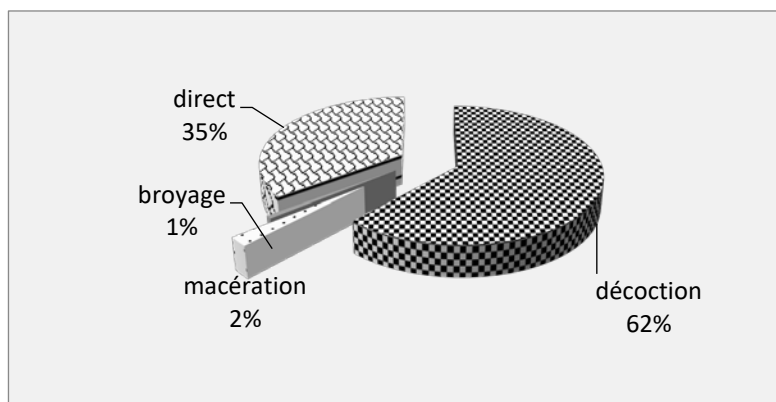
### Parties de plantes utilisées et leurs modes préparation

Les organes utilisés vont des écorces (55%) à la plante entière (1%) en passant par la racine (5%), la feuille (6%), les rameaux (9%) et le latex (24%) (figure 3).



**Figure 3 :** Proportion des organes utilisés dans les affections dermatologiques au Ferlo

La décoction (62%) est le mode de préparation le plus courant alors que la macération et le broyage sont très peu utilisés 2% et 1% respectivement (figure 4). L'usage direct (35%) sans aucune préparation particulière ne concerne que le latex.

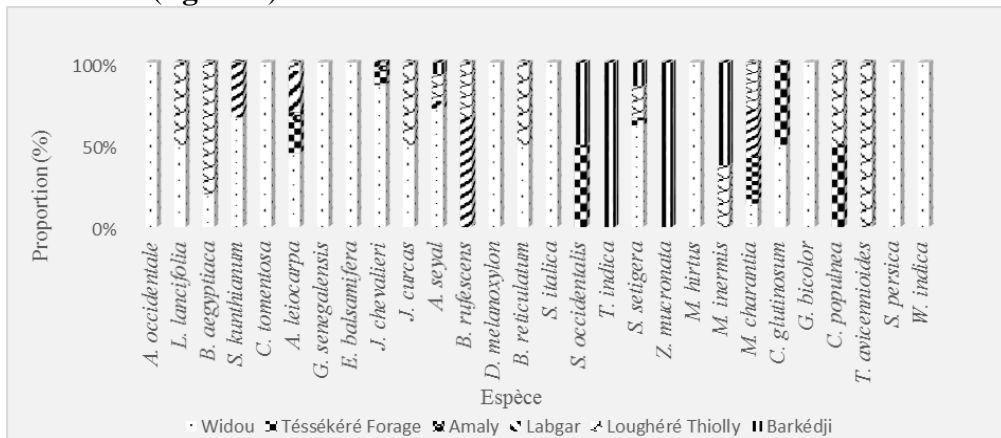


**Figure 4:** Proportion d'utilisation des modes de préparation des plantes utilisées dans le traitement des dermatoses au Ferlo

A noter que dans certains cas d'association de plantes, les premiers et deuxièmes décoctés sont souvent considérés comme trop forts pour être bus et ne doivent servir qu'au bain pour traiter les lésions cutanées superficielles. Seul le troisième décocté, plus léger est pris comme boisson. La posologie est de trois fois par jour tant pour la boisson (3 tasses) que pour le bain. Cependant, il serait préférable pour des raisons non évoquées de se baigner avant chaque repas et boire après les repas.

### Diversité des plantes en fonction des localités visitées

L'usage des plantes anti-dermatoses est très variable en fonction des localités (**figure 5**). La localité de Widou Thiengoli avec dix-neuf (19) espèces recensées, est celle où l'on a recueilli les plus grandes diversités. D'ailleurs, neuf (9) parmi ces espèces (*Capparis tomentosa*, *Mitracarpus hirtus*, *Grewia bicolor*, *Guiera senegalensis*, *Euphorbia balsamifera*, *Salvadora persica*, *Anacardium occidentale*, *Dalbergia melanoxylon* et *Senna italica*) ne sont exploitées qu'à Widou Thiengoli (**figure 5**). La localité de Widou Thiengoli est suivie par celle de Loughere Thiolly où l'on utilise douze (12) espèces et Barkédji en troisième position avec sept (7) espèces. *Terminalia avicennioides* n'est connue qu'à Loughere Thiolly et *Tamarindus indica* n'a été proposée qu'à Barkédji (**figure 5**). Les localités ayant proposé le moins d'espèces sont Amaly avec trois (3) espèces (*Sterculia setigera*, *Jatropha chevalieri* et *Anogeissus leiocarpa*) et Labgar avec 4 espèces (*Anogeissus leiocarpa*, *Stereospermum kunthianum*, *Bauhinia rufescens* et *Momordica charantia*) (**figure 5**). *Anogeissus leiocarpa* est utilisée dans toutes les localités excepté à Tésékéré Forage mais à des proportions inégales. *Momordica charantia* et *Sterculia setigera* sont également proposées, chacune dans quatre localités différentes (**figure 5**).



**Figure 5 :** Niveau d'utilisation des espèces utilisées contre les dermatoses en fonction des localités au Ferlo.

### Diversité et niveaux de fidélité des espèces entre Peul et Wolof

La diversité spécifique exploitée par les Peul (28 espèces) est de loin supérieure à celle utilisée par les Wolof (11 espèces) (**figure 6**). Toutes les plantes utilisées par les Wolof le sont aussi par les Peul alors qu'il y a 16 espèces propres aux Peul. Chez ces derniers, treize (13) plantes sont exclusivement utilisées (IF=100) dans les dermatoses contre six (6) espèces chez les Wolof (**figure 6**). Pour toutes les espèces communes, 6 présentent le même niveau de fidélité chez les deux ethnies. L'usage de *Jatropha curcas* et d'*Acacia seyal* est plus connu chez les Peul. Cependant, *Ziziphus mucronata*,

*Bauhinia rufescens* et *Balanites aegyptiaca* sont plus populaires chez les Wolof (figure 6).

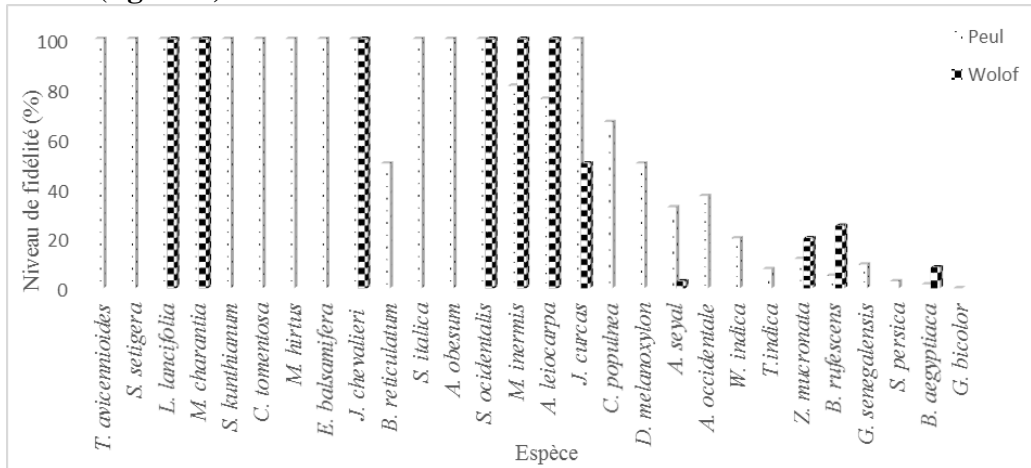


Figure 6 : Niveaux de fidélité des plantes antidermatoses chez les Peul et chez les Wolof.

### Croyances ou représentation

Le *Pityriasis versicolor* communément appelé « *xam* » en Wolof et « *lam lamé* » en Peul, est une maladie dermatologique fréquente chez les personnes de teint clair. Selon les Peul, le *Pityriasis versicolor* est une atteinte bénigne qui ne mérite pas d'inquiétudes tant les enjeux dermatologiques sont négligeables et temporaires. Effectivement, beaucoup d'informateurs soulignent que le *Pityriasis versicolor* est une atteinte périodique ne survenant qu'en période d'hivernage. Certains affirment que cela n'arrive qu'aux jeunes et son apparition serait associée à la consommation abusive de lait. La plante la plus communément citée dans le traitement de *Pityriasis versicolor* est le *Sterculia setigera* appelée « *Bobori* » en Peul et « *Mbeup* » en Wolof. La couleur de l'écorce de la plante ressemble à celle des taches dues à la pathologie en question. D'où l'expression Peul : « *Bobori woni diom lam lami* » signifiant « *Sterculia setigera est le propriétaire du Pityriasis versicolor* ». C'est pourquoi, selon les croyances peules le traitement du *Pityriasis versicolor* avec *Sterculia setigera* exige la nudité du patient accompagnée d'incantations et un système d'échange entre la plante et le malade. Pour ce faire, il est recommandé de se mettre nu devant un *Sterculia setigera*, réciter quelques incantations, puis se frotter contre l'écorce poussiéreuse du tronc de la plante. Après, il faut jeter une pièce de cinq francs (5F cfa soit 0,008 euro) sous l'arbre en guise de paye, tourner le dos à la plante et s'en aller sans se retourner. Si jamais il arrivait par mégarde que le malade revienne sur ses pas aux abords de la plante, il recontacterait la maladie. Il convient par ailleurs de signaler le terme « *thiadabe* » en Peul et « *ndoxum siti* » en Wolof qui désigne un ensemble de pathologies dermatologiques sans

distinction aucune. A chaque fois c'est une association de plantes qui est proposée pour le traitement.

### Activités antibactériennes et antifongiques des plantes les plus utilisées

Les rendements d'extraction des plantes obtenus sont assez hétérogènes (**tableau 2**). Le rendement le plus élevé (14,5%) a été enregistré pour l'extrait de *Stereospermum kunthianum*. Trois valeurs de rendements sont comprises entre 7% et 5%. Il s'agit de *Mitragyna inermis* (7%), *Anogeissus leiocarpa* (6,5%), *Sterculia setigera* (5,5%) et *Acacia seyal* (5,5%). Enfin, le plus faible rendement obtenu correspond à l'extrait de *Leptadenia lancifolia*. Parmi les sept (7) espèces sélectionnées, cinq ont présenté une activité contre les microorganismes testés (**tableau 2**). *Sterculia setigera* est la seule espèce ayant permis d'obtenir une CMI mesurable contre les deux souches étudiées, avec d'une part, une CMI de 3 mg/mL contre *Staphylococcus aureus* et d'autre part, une CMI de 0,755 mg/mL contre *Candida albicans* (**tableau 2**). Cette seconde mesure indique une activité antifongique modérée de l'extrait. Contre *Staphylococcus aureus* *Acacia seyal* et *Anogeissus leiocarpa* ont présenté une CMI mesurable aux valeurs de 3 et 1,5 mg/mL respectivement. Enfin *Leptadenia lancifolia* et *Stereospermum kunthianum* ont une CMI vis-à-vis de *Candida albicans* avec successivement des valeurs de CMI de 3 et 1,5 mg/mL (**tableau 2**).

**Tableau 2** : Rendement d'extraction et activités antibactérienne et antifongique des plantes anti-dermatoses les plus utilisées au Ferlo

Souches microbienne	Rendement d'extraction (%)	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC29213		<i>Candida albicans</i> Souche de laboratoire	
		Diamètre d'inhibition (mm)	CMI (mg/ml)	Diamètre d'inhibition (mm)	CMI (mg/ml)
<i>Leptadenia lancifolia</i> Vatke	4				1,5
<i>Jatropha chevalieri</i> Beille					
<i>Stereospermum kunthianum</i> Cham	14,5			10	1,5
<i>Mitragyna inermis</i> Willd	7				
<i>Sterculia setigera</i> Delile	5,5	10	3	10	0,755
<i>Acacia seyal</i> Del	5,5	12	3		
<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill.& Perr	6,5	22	1,5	11	
Amoxicilline			1,5		22.10 <sup>-3</sup>
Cloxacilline			1,5		16.10 <sup>-3</sup>
Fluconazole			nd		nd

nd : non déterminé

## Discussion

Sans distinction de la cause probable de la dermatose, beaucoup de remèdes servent à les traiter au Ferlo. On distingue les remèdes à base de plantes et les remèdes à base de produits transformés pas toujours végétaux. Au regard de nos résultats et de ceux de plusieurs auteurs (Diatta *et al.*, 2013 et Cissé *et al.*, 2012), il apparaît que certaines familles botaniques (*Euphorbiaceae*, *Apocynaceae*, *Rubiaceae*, *Fabaceae* et *Malvaceae*) sont particulièrement impliquées dans le traitement des affections dermatologiques au Sénégal. Effectivement, il existe beaucoup d'espèces appartenant à ces familles citées dans le traitement des affections dermatologiques partout au Sénégal. Il s'agit de *Mitracarpus hirtus*, *Jatropha curcas*, *Detarium microcarpum*, *Jatropha chevalieri*, *Cassia sieberiana*, *Leptadenia lancifolia* et *Waltheria indica* (Diatta *et al.*, 2013 et Cissé *et al.*, 2012). Les Bainouk de Djibonker (région de Ziguinchor), utilisent 36 espèces (Diatta *et al.*, 2013) alors que 27 plantes vendues dans les marchés de Dakar sont indiquées contre les affections dermatologiques (Cissé *et al.*, 2012). La famille des *Apocynaceae* est la plus communément exploitée chez les Bainouk de (Diatta *et al.*, 2013) tandis que les *Fabaceae* dominant au Ferlo tout comme à Dakar (Cissé *et al.*, 2012). Au Ferlo, pour les espèces appartenant aux *Euphorbiaceae* et *Apocynaceae*, c'est le latex qui est plus utilisé et son usage est très souvent direct. Les Peul exploitent une plus grande diversité végétale que les Wolof. Cette maîtrise de l'usage des plantes locales pousse certains Peuls à régir la connaissance des plantes en marqueur ethnique de la « popularité » au mépris des Wolof et Maure, présents sur le territoire (Guissé *et al.*, 2013). La maîtrise des savoirs spécifiques apparaît ainsi tel un emblème parmi tant d'autres de l'appartenance collective (Bromberger, 1986). L'acquisition des connaissances thérapeutiques des végétaux serait édifiée chez les Peul comme un « savoir-pouvoir » apportant à leur détenteur une fonction de choix au sein de la société (Guissé *et al.*, 2012). En réalité, le mode de vie transhumant des Peul leur offre une plus grande chance de rencontrer des espèces nouvelles et d'échanger avec d'autres tradithérapeutes détenteurs de connaissances liées à ces plantes.

Au Ferlo, l'écorce est l'organe de la plante le plus souvent exploité suivi du latex alors que la décoction est le mode de préparation le plus commun puis l'usage direct. A contrario, Diatta *et al.* (2013) et Cissé *et al.* (2012) montrent que les populations de Dakar et de Djibonker (Ziguinchor) font plus recours respectivement aux feuilles et aux racines dans le traitement des affections dermatologiques. La fréquence d'utilisation des feuilles d'après Bitsindou (1986) serait due à leur accessibilité. Certaines plantes du Ferlo impliquées dans le traitement des pathologies dermatologiques ont les mêmes indications au Sud du pays (Ziguinchor). En effet, dans cette zone géographique, la macération des tiges épluchées de *Jatropha curcas* sont



respectivement recommandés en boisson et en bain alors que les feuilles de *Senna tora* et de *Senna occidentalis* sont à frotter sur les zones atteintes (Sambou, 1998). De la même manière, certaines de ces espèces (*Guiera senegalensis* et *Mitragyna inermis*) sont impliquées dans le traitement des affections de la peau au Burkina Faso (Dakuyo, 2010). Nos résultats divergent avec ceux de Mozouloua *et al.* (2011) qui révèlent que les feuilles sont les organes végétaux les plus proposés dans le traitement des dermatoses à Bangui confortant ainsi Guèye *et al.*, (2012) dont l'étude montre que les feuilles suivies des racines sont plus exploitées pour traiter la constipation. Parallèlement, Teklehaymanot (2009) et Sani (2009) indiquent que les racines et les écorces constituent les organes les plus proposés en médecine traditionnelle. Globalement, au Ferlo, le mode d'administration se fait par voie orale ou directement par le bain après décoction. En revanche chez les Bainouk, il est noté une nette prédominance de la macération (Diatta *et al.*, 2013). Chez Guèye (2012) la macération est le mode de préparation le plus fréquent à Tomboronkoto (Sénégal oriental) alors qu'elle est un des procédés les moins évoqués au Ferlo. Des associations de plusieurs plantes dont les organes utilisés et les modes de préparation changent, sont très souvent recommandées. L'usage de combinaison de plantes pour le traitement de multiples affections, notamment dans le cas des infections microbiennes est par ailleurs une pratique courante dans de nombreuses cultures (Roumy *et al.*, 2020 ; Gertsch, 2011 ; Li *et al.*, 2011 ; Vigneron *et al.*, 2005). Une combinaison de plantes a effectivement été mentionnée comme étant une pratique courante en Amazonie et ailleurs pour le traitement du paludisme (Vigneron *et al.*, 2005). L'association de végétaux présente selon certains chercheurs, un intérêt en thérapie. En effet, Chenniappan et Kadarkarai (2010) soutiennent que les associations de plantes peuvent augmenter les effets antipaludiques des principes actifs présents dans les deux ou plusieurs espèces végétales utilisées. Wagner (2011) propose, de ce fait, au regard de l'usage archaïque récurrent des combinaisons thérapeutiques à base de végétaux en médecine traditionnelle, de trouver une preuve de la supériorité pharmacologique et thérapeutique de ces combinaisons comparées aux constituants isolés. D'ailleurs, l'utilisation de combinaisons de médicaments ne se limite pas aux plantes. Des combinaisons médicamenteuses sont effectivement indiquées pour les chimiothérapie anticancéreuse, de la tuberculose et de l'hypertension (Williamson, 2001). Les combinaisons de plantes au Ferlo sont rarement homogènes du point de vue de l'organe de la plante utilisé. En d'autres termes, les écorces d'une plante peuvent être associées aux racines d'une autre plante et aux feuilles d'une dernière. D'une manière ou d'une autre Wagner (2011) et Vigneron *et al.* (2005) soutiennent qu'il y a souvent sous l'effet de la combinaison de plantes, une biodisponibilité améliorée et un effet cumulatif résultant des propriétés additives des espèces

impliquées. Cuenca-Estrella (2004) et Jansen *et al.* (2009) admettent que cela serait d'une grande utilité médicale car, elle augmenterait l'efficacité thérapeutique, limiterait les effets secondaires et la nocivité des potions, ainsi que l'apparition de souches résistantes.

Les plantes ayant présenté une activité biologique dans le cadre de notre étude sont : *Anogeissus leiocarpa*, *Acacia seyal* qui sont antibactériennes et *Leptadenia lancifolia*, *Stereospermum kunthianum* qui sont anti candidale. Seule *Sterculia setigera*, a une activité à la fois antibactérienne et antifongique. De façon intéressante, cette plante possède par ailleurs une symbolique forte dans plusieurs régions du continent (Svetaz *et al.*, 2010 ; Langewiesche *et al.*, 2006). Du point de vue des croyances, les branches de *Sterculia setigera* étaient par ailleurs exploitées au Togo dans la confection de statuettes du fils aîné pour immortaliser leurs pères morts (Atakpama *et al.*, 2012). La plante est également rapportée plusieurs fois comme « refuge de génies » dans la région de Baatombus à Pohunco au Nord-Bénin (Langewiesche *et al.*, 2006). L'activité de *Stereospermum kunthianum* contre *C. albicans* 0,755 mg/mL est jugée modérée. Selon le critère proposé par Svetaz *et al.*, (2010) d'une CIM  $\leq$  1000  $\mu$ g/mL pour définir un extrait actif. Les fonctions curatives de *Sterculia setigera* en cas de boutons, de plaies ont été par ailleurs signalées par Lawal *et al.* (2010) et Igoli *et al.* (2005). Certaines de ces espèces étudiées en tant que bâtonnets frotte-dents comptent parmi celles renfermant le plus de composés phytochimiques; il s'agit d'*Anogeissus leiocarpa* renfermant six (6) classes chimiques et comportant les meilleurs teneurs en alcaloïdes et en polyphénols puis *Acacia seyal* comportant cinq (5) classes chimiques (Diatta *et al.*, 2021). De nombreuses molécules ont été isolées des extraits de *Stereospermum kunthianum* et des activités biologiques variées de l'espèce ont été mis en évidence (Oloche *et al.*, 2016). Le travail de Aliyu *et al.* (2009) sur le *Stereospermum kunthianum* a montré une activité des feuilles de la plante avec une CMI de 2,09 mg/mL vis-à-vis de *S. aureus*. Les activités biologiques de *Anogeissus leiocarpa* et de *Leptadenia lancifolia* proposées dans le traitement des pathologies dermatologiques au Ferlo ont été confirmées par Mann *et al.* (2008) et Nikiema *et al.* (2001). Les racine d'*Anogeissus leiocarpa* sont efficaces contre diverses souches fongiques (*A. niger*, *A. fumigatus*, *Penicillium spp.*, *M. audouinii*, *T. rubrum*) avec une gamme de CMI de 0,03  $\mu$ g/ml à 0,06  $\mu$ g /mL et des CMF (Concentrations Minimales Fongicides) comprises entre 0,04 et 0,07  $\mu$ g/mL (Mann *et al.*, 2008). Ces valeurs démontrent des activités antimicrobiennes très fortes notamment vis-à-vis de *Microsporum audouinii* et de *Trichophyton rubrum*. L'extrait aqueux des tiges d'*Anogeissus leiocarpa*, utilisés au Ferlo comme bâtonnets frotte-dents élimine *Porphyromonas gingivalis* avec une CMI 128  $\mu$ g/mL, *C. albicans* avec une CMI 16  $\mu$ g/mL et *Lactobacillus acidophilus* avec une CMI 512  $\mu$ g/mL. Plusieurs triterpènes isolés à partir du latex de

*Leptadenia lancifolia* au Burkina Faso ont été rapportés pour leur activité anti-inflammatoire (Nikiema *et al.*, 2001), en accord avec nos résultats sur l'usage du latex dans le traitement des affections dermatologiques au Ferlo. Le résultat de l'évaluation de l'activité antimycotique de *Leptadenia lancifolia* a montré que l'extrait de méthanol supprimait la croissance de *Fusarium oxysporum* et *Aspergillus niger* à 80 mg/mL avec des inhibitions allant de 59 à 73% (Aliero *et al.*, 2009). Les différences d'activités mesurées suivant les études pourraient être dues à diverses raisons, telles que les parties de la plante, le solvant d'extraction, le biotope de la plante et éventuellement le moment de la collecte. Malgré l'emploi actuel de plusieurs espèces de plantes en médecine traditionnelle contre les affections cutanées, très peu de recherches toxicologiques ont été réalisées et l'innocuité cutanée de beaucoup de traitements à base de végétaux demeure mal connue. D'ailleurs, Niang *et al.* (2015) rapportent que plusieurs atteintes dermatologiques découleraient ou seraient aggravées par l'usage inadéquat et exagéré de certaines espèces de plantes. Dans 56% des cas, une dermatose existante a été accentuée par une automédication du malade avec des traitements végétaux (Niang *et al.*, 2015). En effet, la plupart des patients de Dakar utilisant ces espèces ne les connaissent pas mais les achètent dans les marchés et les utilisent suite à des recommandations thérapeutiques. Les huiles essentielles, existantes dans plusieurs espèces de plantes, renferment des substances terpéniques capables d'occasionner des réponses allergènes ou irritantes cutanées (Niang *et al.*, 2015). Les furanes sesquiterpènes et de triterpènes se rencontrent dans l'huile de *Jatropha chevalieri* ; les triterpènes sont également retrouvés dans les huiles de *Leptadenia lancifolia*, de *Calotropis procera*, de *Stereospermum kunthianum*, de *Guiera senegalensis* et de *Detarium microcarpum* (Reutemann *et al.*, 2008 ; Nivosu *et al.*, 2011). Les latex hautement cytotoxiques de *Jatropha chevalieri*, et *Jatropha curcas* sont connus pour provoquer une dermatite irritante (Baragay *et al.*, 1998).

## Conclusion

Au terme de cette étude, il apparaît que les Peul exploitent plus de plantes que les Wolof pour traiter les affections dermatologiques. La localité de Widou suivie de Loughéré Thiolly sont celles qui utilisent le plus d'espèces. Douze parmi les plantes recommandées ont un niveau de fidélité égaux à cent et sont donc exclusivement proposées dans le traitement des dermatoses. L'écorce est l'organe végétal le plus recommandé et la décoction le mode de préparation le plus courant. La plante la plus citées (*Jatropha chevalieri*) n'a présenté aucune activité vis-à-vis des deux souches microbiennes sélectionnées (*S. aureus* et *C. albicans*). En revanche, *Sterculia setigera*, dont l'usage fait intervenir un rituel, présente une activité élevée (0,755 mg/ml) vis-à-vis de *Candida albicans* . Quatre autres espèces *Leptadenia lancifolia*

avec 1,5 mg/ml contre *Candida albicans*, *Stereospermum kunthianum* avec également 1,5 mg/ml contre *Candida albicans*, *Acacia seyal* avec 3 mg/ml contre *Staphylococcus aureus* et *Anogeissus leiocarpa* avec 1,5 mg/ml contre *Staphylococcus aureus* ont permis d'obtenir des concentrations minimales inhibitrices mesurables. Les effets synergiques supposés de l'association de plantes dans le traitement des dermatoses seraient considérés comme positifs. Des recherches menées sur les plantes utilisées contre les dermatoses au Sénégal ont montré que certaines plantes aggraveraient la pathologie. Dès lors, il urge de mener des études toxicologiques sur ces plantes pour identifier le ou les facteur (s) responsables de ces phénomènes.

### Remerciements :

Ce travail a bénéficié d'une aide du Labex DRIIHM, programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-11-LABX-0010.

### References:

1. Aliero, AA & Wara, SH. (2009). Validating the medicinal potential of *Leptadenia hastate* *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* 3(6),335-338.
2. Aliyu, MS., Hanwa, UA., Tijjani, MB., Aliyu, AB & Ya'u B. (2009) Phytochemical and antibacterial properties of leaf extract of *Stereospermum kunthianum* (Bignoniaceae). *Nigerian J Basic and Applied Sci* 17(2), 235-239.
3. ANSD. (2013). Recensement de Tébékéré de 2013, rapport final : 97p.
4. Arbonnier, M. (2002). *Arbres, arbustes et lianes des zones d'Afrique de l'Ouest*. Paris, CIRAD , 573 p.
5. Atakpama, W., Batawila, K., Dourma, M., Pereki, H., Wala, K., Dimobe, K., Akpagana, K, M & Gbeassor M. (2012). Ethnobotanical Knowledge of *Sterculia setigera* Del. in the Sudanian Zone of Togo (West Africa) *International Scholarly Research Notice*.
6. Bakhoum, A. (2013). Dynamique des ressources fourragères : Indicateur de résilience des parcours communautaires de Tébékéré au Ferlo (Nord Sénégal). Thèse doct., Ecologie, UCAD.
7. Baraguey, C., Auvin, C., Blond, A., Cavalier, F., Lezenven, F., Pousset, JL & Bodo, Bl.(1998). Isolation and synthesis of chevalierins A, B and C, cyclic peptides from the latex of *Jatropha chevalieri*. *J Chem Soc Perkin Trans*, 1(18),3033-9.
8. Begossi; A. (1996). Use of ecological methods in ethnobotany: Diversity indices. *Ecological Methods in Ethnobotany*, 50, 280-289.
9. Berhaut J. (1967). *Flore du Sénégal plus complète avec les forêts humides de la Casamance*. Ed. ClairAfrique, 485 p.

10. Bitsindou, M. (1986). Enquête sur la phytothérapie traditionnelle à Kindamba et Odzala (Congo) et analyse de convergence d'usage de plantes médicinales en Afrique centrale. Mem. Doc (inééd) Univ. Libre de Bruxelles 482pp
11. Bromberger, C. (1986). Habitat, Architecture et Société Rurale dans la Plaine du Gilân (Iran septentrional). Paris, unEsCo. Version anglaise: Habitat, Architecture and Rural Society in the Gilân Plain (Northern Iran). Bonn, Ferd Dümmlers Verlag (bonner geographische abhandlungen, heft 80)
12. Chenniappan, K & Kadarkarai, M. (2010). In vitro antimalarial activity of traditionally used Western Ghats plants from India and their interactions with chloroquine against chloroquine-resistant *Plasmodium falciparum*. *Parasitology Research*, 107(6), 1351-1364.
13. Cissé, A., Guèye, M., Koma, S & Akpo, LE. (2012). La commercialisation des plantes utilisées contre les affections dermatologiques dans les marchés de Dakar et de sa banlieue. In Boëtsch G., Guerci A., Gueye L. & Guissé A., 2012: Les plantes du Sahel, Ed. CNRS, Paris, pp 323-333.
14. Cisse, A., Guèye, M., Ka, A., Ndiaye, F., Koma, S & Akpo, LE (2016). Ethnobotanique des plantes médicinales chez les bergers peuls de Widou Thiengoly de la commune de Tèssékéré (Ferlo-Nord Sénégal). *Journal of Applied Biosciences* 98, 9301-9308
15. Cuenca-Estrella, M. (2004). Combinations of antifungal agents in therapy – what value are they? *J Antimicrob Chemother* 54 (5) : 854–869.
16. Dakuyo, VM. (2010). *Contribution à l'étude de la pharmacopée traditionnelle burkinabe : enquête ethnopharmacologique dans la région des cascades*. Thèse de doctorat en Pharmacie UCAD.
17. Diatta, CD., Guèye, M. & Akpo, LE. (2013). Les plantes médicinales utilisées contre les dermatoses dans la pharmacopée Baïnouk de Djibonker, région de Ziguinchor (Sénégal), *Journal of Applied Biosciences*, 70, 5599– 5607.
18. Diatta, BD., Houël, E., Niass, O., Guèye, M & Boetsch G. (2019). Activités antimicrobiennes des plantes utilisées comme bâtonnets frotte-dents (cure-dents) par les Peul de la commune de Tessékéré (Ferlo Nord, Sénégal) *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 13(3), 1444-1457
19. Diatta, BD., Niass, O., Diouf, M., Guèye, M., Houël, E & Boetsch, G. (2021) . Diversité et composition phytochimique des bâtonnets frotte-dents (cure-dents) proposés chez les Peul de la commune de Tessekere (Ferlo, Nord Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, 158, 16267-16281.

20. El Rhaffari, L., Zaid, A., Hammani, K. & Benlyas M. (2002). Traitement de la leishmaniose cutanée par la phytothérapie au Tafilalet. *Revue Biologie et Santé*, 1 (4), 45-54.
21. Gertsch, J. (2011). Botanical drugs, synergy, and network pharmacology : Forth and back to intelligent mixtures. *Planta Medica* 77, 1086-1098.
22. Guèye, M. (2012). *Etude ethnobotanique chez les Malinké de la Communauté rurale de Tomboronkoto (Région de Kédougou) et valorisation des collections historiques de l'herbier de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire*. Thèse de Doctorat d'État ès Sciences, UCAD.
23. Guèye, M., Cisse, A., Diatta, C D., Diop, S & Koma, S. (2012). Etude ethnobotanique des plantes utilisées contre la constipation chez les Malinké de la communauté rurale de Tomboronkoto *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 6 (2), 778-779
24. Guissé, A. (2013). "Portraits d'arbres" in Boetsch G., Spaini, A., 2013 *La Grande Muraille Verte*. Toulouse, Edition Privat 144 pages.
25. Houël, E., Rodrigues, AMS., Jahn-Oyac A., Bessière, JM., Eparvier, V., Deharo E & Stien, D, (2014). In vitro antidermatophytic activity of *Otacanthus azureus* (Linden) Ronse essential oil alone and in combination with azoles. *Journal of Applied Microbiology* 116(2), 288-294.
26. Igoli, JO., Tsenongo, SN. & Tor-Ayin, TA. (2011). A survey of anti-venimous, toxic and other plants used in some parts of Tivland, Nigeria. *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants* , 1(3), 240- 244
27. Jansen, G., Lee, AL., Epp, E., Fredette, A., Surprenant, J., Marcus, D., Scott M., Tan, E. & Thomas, DY .(2009). Chemogenomic profiling predicts antifungal synergies. *Molecular Systems Biology* 5 (1) 338.
28. Langewiesche, K. (2006). La forêt, les ancêtres et le marché : Perceptions locales de la forêt et de ses changements au Nord-Bénin. *Afrika Spectrum*, 41(2): 221-248.
29. Lawal, HO., Chang, HY., Terrell, AN., Brooks, ES., Pulido, D., Simon, AF. & Krantz, DE. (2010). The *Drosophila* vesicular monoamine transporter reduces pesticide-induced loss of dopaminergic neurons. *Neurobiology of disease*, 40(1),102-112.
30. Leonti, M., Casu, L., De Oliveira Martins, DT., Rodrigues, E & Benitez, G. (2020). Ecological theories and major hypotheses in ethnobotany: their relevance for ethnopharmacology and pharmacognosy in the context of historical data. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 1-16.

31. Leonti, M., Casu, L., De Oliveira Martins, DT., Rodrigues, E & Benitez, G. (2020). *Ecological Theories and Major Hypotheses in Ethnobotany: Their Relevance for Ethnopharmacology and Pharmacognosy in the Context of Historical Data. Revista Brasileira de Farmacognosia*, 1-16.
32. Li, S., Zhang, B & Zhang, N. (2011). Network target for screening synergistic drug combinations with application to traditional Chinese medicine. *BMC Systems Biology* 5(Suppl 1):S10.
33. Mann, A., Bansa, A & Clifford, LC. (2008). An antifungal property of crude plant extracts from *Anogeissus leiocarpus* and *Terminalia avicennioides* *Tanzania Journal of Health Research* 10 (1), 34-38.
34. Miehe, M. (2007). Continuous monitoring of vegetation in the experimental perimeter at Widou Thiengoly within the framework of Senegalese-German projects, 1981-2007. Experimental set-up, monitoring methods and prospects for evaluation, Workshop on the transfer of the scientific heritage of PAPF, Dakar, 26 p.
35. Mozouloua, D., Apema, AKR & Nguengue, JP. (2011). Etude préliminaire des plantes à effet antidermatosiques utilisées en pharmacopé à Bangui URSAD, 3, 5-6.
36. Newmann, DJ & Cragg, JM. (2007). Natural products as sources of new drugs over the last 25 years. *Journal of Natural Products* 70 (3), 461–467.
37. Ndong, AT., Ndiaye, O., Sagna, M B., Diallo, A., Galop, D & Guissé, A. (2015). Caracterisation de la vegetation ligneuse sahélienne du Senegal: cas du Ferlo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(6), 2582-2594.
38. Niang, K., Ndiaye, O., Diallo, A & Guisse, A. (2014). Flore et structure de la végétation ligneuse le long de la Grande Muraille Verte au Ferlo, Nord Sénégal *Journal of Applied Biosciences* 79, 6938 – 6946.
39. Niang, SO., Tine, Y., Diatta, BA., Diallo, M., Fall, M., Seck, NB & Kane A. (2015). Negative cutaneous effects of medicinal plants in Senegal *British Journal of Dermatology*, 173, 26-29.
40. Niass, O., Sarr, SO., Diop, A., Diop, A., & Diop, YM. (2015). Etude in vitro de l'activité antibactérienne de quelques plantes utilisées en médecine traditionnelle locale au Saloum (Sénégal). *La Science en Liberté*, 7(150801), 1-10.
41. Nikiéma, J B., Fastré, R V., Vanhaelen, M., Fontaine, J., Graef, CD & Heenen, M. (2001). Effects of anti inflammatory triterpenes isolated from *Leptadenia hastata* latex on keratinocyte proliferation. *Phytotherapy Research*, 15(2): 131-134.
42. Nivosu, CO., Yahayah, K & Igbkwe, IO. (2011). Toxicity and anticoccidial efficacy of some plants used in the traditional treatment

- of avian coccidiosis in semi-arid north eastern Nigeria. *Research Journal of Parasitology*, 6 (1),18–30.
43. Oloche, JJ., Okwuasaba, JF & Obochi, GO. (2015). Review of Phytochemical, Pharmacological and Toxicological Profile of *Stereospermum kunthianum*. *Journal of Advances in Medical and Pharmaceutical Sciences*, 5(1), 1-10.
44. Redding, S., Smith, J., Farinacci, G., Rinaldi, M., Fothergill, A., Rhine-Chalberg, J & Pfaller, M. (1994). Resistance of *Candida albicans* to fluconazole during treatment of oropharyngeal candidiasis in a patient with AIDS: documentation by in vitro susceptibility testing and DNA subtype analysis. *Clinical Infectious Diseases*, 18(2) : 240-242.
45. Reutemann, P & Ehrlich, A. (2008). Neem oil: an herbal therapy for alopecia causes dermatitis. *Dermatitis: contact, atopic, occupational, drug*, 19(3), E12–15.
46. Rios, JL & Recio, MC. (2005). Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of Ethnopharmacology* 100 (1-2), 80–84.
47. Rodrigues, AMS., Eparvier, V., Odonne, G., Amusant, N., Stien, D & Houël, E. (2019). The antifungal potential of (Z)-ligustilide and the protective effect of eugenol demonstrated by a chemometric approach. *Scientific Reports* 9(1), 1-9.
48. Roumy, V., Ruiz Macedo, JC., Bonneau, N., Samaillie, J., Azaroual, N., Encinas, LA., Rivière, C., Hennebelle, T., Sahpaz, S., Antherieu, S., Pinçon, C., Neut, C., Siah, A., Gutierrez-Choquevilca, AL & Ruiz L. (2020). Plant therapy in the Peruvian Amazon (Loreto) in case of infectious diseases and its antimicrobial evaluation. *Journal of Ethnopharmacology* 249, 112411.
49. Sambou, S. (1998). *Enquête ethno pharmacologique en milieu Diola (Casamance) : Examen de 78 plantes médicinales sénégalaises utilisées dans la thérapeutique des plaies et brûlures*. Thèse de doctorat en pharmacie , UCAD.
50. Sani, RA. (2009). *Caractérisation biophysique des ressources ligneuses dans un site reverdi et un site dégradé dans le département de Mirriah*. Mémoire de fin de cycle en vue de l’obtention du diplôme d’ingénieur, option : eaux et forêts. Université Abdou Moumouni (Niger).
51. Senghor, S. (2008). *Contribution à la pharmacopée traditionnelle des Diola blouf Enquête ethnopharmacologique dans le département de Bignona*. Thèse de doctorat en Pharmacie UCAD
52. Sreekumar, O & Hosono, A. (1998). The antimutagenic properties of a polysaccharide produced by *Bifidobacterium longum* and its cultured



- milk against some heterocyclic amines. *Canadian Journal of Microbiology*, 44(11),1029-1036.
53. Svetaz, L., Zuljan, F., Derita, M., Petenatti, E., Tamayos, G., Caceres, A., Cechinel Filho, V., Gimenez, A., Pinzon, R., Zacchino, S. & Gupta MP. (2010). Value of the ethnomedical information for the discovery of plants with antifungal properties. A survey among seven Latin American countries. *Journal of Ethnopharmacology*. 127(1), 137-158.
  54. Teklehaymanot, T. (2009). Ethnobotanical study of knowledge and medicinal plants used by the people in Dek Islan in Ethiopia. *Journal of ethnopharmacology*, 124 (1), 69-78.
  55. Togola, A., Diallo, D., Dembele, S., Barsett, H. & Paulsen, BS. (2005). Ethnopharmacological survey of different uses of seven medicinal plants from Mali, (West Africa) in the regions Doila, Kolokani and Siby. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 1 (7), 1-9.
  56. Vigneron, M., Deparis, X., Deharo, E. & Bourdy, G. (2005). Antimalarial remedies in French Guiana: A knowledge attitudes and practices study. *Journal of Ethnopharmacol.* 98(3) 351-360.
  57. Wagner, H. (2011). 'Synergy research: Approaching a new generation of phytopharmaceuticals', *Fitoterapia*, 82 (1), 34–37.
  58. Williamson, EM. (2001). 'Synergy and other interactions in phytomedicines', *Phytomedicine*, 8(5), 401–409.



## **Bone Tissue Changes In The Background Of "Activation Of The Immune System" During Orthodontic Treatment And Tskaltubo Water Hormesis**

*Jaba Adamia,*

Jaba Adamia's Orthodontic Center "Brace House"  
PhD student D. Agmashenebeli University of Georgia

*Marine Nikolaishvili,*

Doctor of Biological Sciences Head Laboratory of Radiobiology, Ivane Beritashvili Center of Experimental Biomedicine. Georgia

*Nato Mosemghdvlshvili,*

Professor, Tbilisi State Medical University

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n8p98](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p98)

Submitted: 25 November 2021

Accepted: 21 January 2022

Published: 28 February 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Asamia J., Nikolaishvili M., & Mosemghdvlshvili N.,(2022). *Bone Tissue Changes In The Background Of "Activation Of The Immune System" During Orthodontic Treatment And Tskaltubo Water Hormesis* European Scientific Journal, ESJ, 18 (8), 98.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p98>

### **Abstract**

The use of Tskaltubo radon-containing water in orthodontics will help to improve mineral metabolism, balance between osteoresorption and bone formation phases, and reduce the intensity of osteoclastogenesis. The use of Tskaltubo radon-containing mineral water in orthodontics in comparison with the traditional protocol treatment causes a statistically significant change in the reduction of activators of resorption processes in blood plasma, increase in the level of marker of new bone formation (acid-alkaline phosphatase), as well as osteochondrosis. In particular, a decrease in the sRANKL / OPG ratio and, consequently, a decrease in the level of osteoblastogenesis inhibitor produced by osteoclasts - sclerostin, which is produced by osteoclasts. All these processes already lead to the normalization of bone mineralization, which already has a positive effect on the processes of osteointegration, which other authors note even in the use of very small doses of radiation (hormesis). We have developed an algorithmic method for the diagnosis of patients with chronic generalized periodontitis and the rapid recovery of new bone tissue in

the case of orthodontic treatment and the reduction of inflammatory processes over a long period of time.

---

**Keywords:** Radon Hormesis, Orthodontics, Osteoresorption, Osteoclastogenesis.

## **Introduction**

During orthodontic treatment, periodontitis develops and bone tissue is damaged. Bone tissue is made up of cellular elements, an intercellular substance - the bone matrix and mineral components. The osteoblasts are called large basophilic cytoplasmic cells that have the ability to synthesize protein (they are the bone-forming cells); Osteoclasts - giant multicellular cells that break down bone tissue due to lysosomal enzymes; Osteocytes are metabolically inactive bone cells that attach to deep osteosynthetic cavities and form osteoblasts that are fixed in their own bone matrix. The cytokines secreted by mononuclear cells are chemical mediators that can interact directly or indirectly with bone cells. Cytokines, such as IL-1, can trigger the synthesis and secretion of many substances, including prostaglandins and various growth factors (Donaubauer A, 2020. Mendes E, 2019.)

The prostaglandins stimulate bone resorption and increase the speed of orthodontic tooth movement. Bone resorption lasts about 2 weeks, after which osteoclasts experience programmed cell death or apoptosis. After these processes, the preosteoblasts migrate into the resorption cavity and transform into osteoblasts. The fibroblasts also migrate along the cement line and secrete thin collagen fibrils around which osteoblasts begin to synthesize osteoids. Fibrils then enter the bone matrix and further mineralize to strengthen the new bone (Shemesh A, 2017).

The mineralization process begins and after about 4 months the resorption cavity is filled with new bone, in the stimulation of which Tskaltubo radon water will play an important role to further accelerate the bone formation process and activate the mineralization of osteoblasts. (Radon and image) As is known from the literature, radon is a radioactive gas and has an alpha radiation of 1 NK-37 Becquerel. It is a very small dose and therefore this effect is known as hormesis. Such hormesis effects cause the activation of nitric oxide (NO), which in turn leads to the formation of hydrogen peroxidase (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>); In the presence of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, the production of excess NO in the microphages is stimulated by the action of interferon gamma and beta (INF- $\gamma\beta$ ) stimulates osteoblasts, in which the cytokines IL-1, IL-6, and TNF- $\alpha$  are involved (Kullmann M, 2019. Chikobava S, 2019). Formation of new osteoblasts and replacement of old bone tissue with new osteoblasts, because of which the space created by orthodontic treatment is filled with osteoblasts and consequently a newly formed bone (osteoid bone) is formed - the

mineralization of which is activated by Tskaltubo mineral water containing radon (Omiadze S, 2020 Nikolaishvili M, 2019).

This method is of practical importance because the orthodontic treatment requires intensive expensive medical services, treatment and, most importantly, time, because patients have an increased risk of developing inflammatory processes. Therefore, it is very important to create and refine all the new tools or methodologies that will ensure the safety of patients, help preserve their health, reduce the number of patients, the economic cost of the disease and alleviate the psychosocial burden on the patient and his relatives and health care system (Dondoladze Kh, 2021).

Therefore, the aim of the study was to facilitate orthodontic treatment in adolescent patients with mild to moderate periodontitis by inhalation of Tskaltubo water. To study changes in the concentration of cytokines (IL1, IL6 and TNF- $\alpha$ ), humoral immunity (immunoglobulins: sIgA, IgA, IgG and IgM) and to evaluate the dynamics of clinical indicators, as both of these characteristics play a very important role in orthodontic treatment. The radon therapy enables us to study the speed and dynamics of changes in immunomodulation concentration (Dondoladze Kh, 2021).

**Methodology.** The treatment was performed in two groups of patients (75 people), clinical and laboratory examination with a diagnosis of moderate periodontitis. All patients underwent basic therapy equally. The first group received standard treatment, while the second group received radon therapy, which acts as an immunomodulator for the given treatment (Jiang YH, 2014 Kanungo M, 2013. Mendes E. 2019). To study the state of local immunity in the oral cavity, we studied the oral fluid of patients with anomalies of the jaw-tooth system. We used unstimulated mixed saliva as a material. Before taking the material, we offered the patient to rinse the mouth with boiled water at room temperature. None of the patients in the study had somatic disease, or pharmacotherapy was used. In all cases, we used sterile vials to take the material. The saliva was centrifuged at 3000 rpm for 15 minutes, after which it was frozen at -70 ° C.

The quantitative lysozyme content in the oral cavity was determined by immunoenzymatic analysis using Lysozym ELISA ("ImmunDiagnostik") test systems.

The "sIgA - IFA - BEST" kit was used to determine the quantitative content of sIgA or an immunoenzymatic solid-phase assay was applied.

The lysozym ELISA was also detected by IgA, IgG and IgM in venous blood by immunoenzymatic analysis. In order to assess its dynamics after wearing immune status and brace systems, we conducted cytokine content analysis, including: IL-1, IL-6, TNF- $\alpha$ , information on the cytokine content of patients in the main and study groups during brace fixation and their 3 months after wearing, presented in Tables 1 and 2.

## Research data and discussion

The patients were divided by sex, as we did not establish a statistically significant difference between the groups by sex ( $p > 0.05$ ). Therefore, patients were divided into two groups, the first group treated with appropriate standard medications and the second group treated with radonized mineral water of Tskaltubo (baths and inhalations twice a day for 5-10 days).

Preliminary studies showed that the amount of sIgA in the dental tissue was not statistically different from the initial period, the reliability was observed only in 21 days of treatment in group 1, and in 10-14 days in the second group who were treated with only Tskaltubo radon-containing water. As it turns out, Tskaltubo radon-containing immunomodulatory treatment leads to a control sIgA control levels in the second group faster than in the first group, where the conservative 10treatment was administered. As can be seen from Table 1, there is a reliable difference between the groups by days and generally between the groups.

As for IgG and IgM in venous blood, there was a statistically significant difference in their levels. It should also be noted that the IgG level is 1.2 times higher than the norm (7 - 16 g / l), and the IgM level is 1.45 times higher than the norm (0.4 - 2.3 g / l).

Table 1. Dynamics of sIgA (g / l) in patients in saliva during treatment

Group	Observation time					
	Before treatment	7 days	14 days	21 days	30 days	3 months
1 group n = 36 Standard medical treatment	2,63±0,0 4	2,58±0,0 3	2,55±0,0 3	2,48±0,0 3 *	2,41±0,0 3 *	2,55±0,0 4
2 group n = 33 Tskaltubo water (rinses and inhalation)	2,55±0,0 3	2,35±0,0 5	2,25±0,0 4 * **	2,15±0,0 3 * **	2,09±0,0 4 * **	2,10±0,0 1 * **

Note: \* -Difference of credibility rates before treatment \*\* - Credibility rate compared to group 1



Figure 1. Taking fluid from the tooth pocket

According to such an important factor of local immunity as sIgA, we can talk about the normalization of mucosal immunity in the 2nd group of patients undergoing orthodontic treatment when using Tskaltubo radon-containing water.

**Table 2.** Immunoglobulin IgA, IgG, IgM.

gr	Control Ind.	Observation time					
		Before treatment	7 days	14 days	21 days	30 days	3 days
1 gr	IgA (g/l) (0.7-4.0)	4,44±0,15	4,32±0,13	4,24±0,12	4,03±0,11	3,91±0,09	4,28±0,15
	IgG (g/l) (7-16)	20,2±0,36	19,5±0,38	18,3±0,29	18,0±0,28	17,2±0,26	19,4±0,42
	IgM (g/l) (0.4-2,3)	5,39±0,19	5,02±0,23	4,67±0,22	4,52±0,2	4,22±0,19	4,95±0,21
2 .	LgA (g/l)	4,47±0,15	4,11±0,1	3,80±0,11	3,44±0,12	3,00±0,09	2,72±0,09
	gG (g/l)	20,1±0,4	17,0±0,48	15,2±0,39	14,1±0,45	13,3±0,3	12,86±0,32
	IgM (g/l)	5,24±0,22	4,25±0,26	3,40±0,23	3,15±0,12	2,45±0,11	2,25±0,1

Note: \* - Difference in belief rates before treatment \*\* - Credibility

On the 7th day of observation, all patients showed a tendency to decrease the concentration of antibodies, moreover, in the 2<sup>nd</sup> group, the decrease in the level of immunoglobulins (IgA, IgG, IgM) in venous blood differed significantly from the initial examination data (p <0.05). The decreases in immunoglobulin levels in group 2 were associated with treatment with Tskaltubo radon-containing water (rinses and inhalation). These processes

helped to eliminate pathogenic factors of the periodontium (primarily of bacterial origin). The result was obtained in about 5-10 days), there was also a reduction in the development of antigenic processes and stress on the immune system, and at the same time the normalization of the level of humoral immunity. As for the first group, there were (traditional treatment of chronic generalized periodontitis - (stages of complex treatment with CGP scheme): professional oral hygiene, local drug therapy (antibacterial and anti-inflammatory), as well as the first and second groups began the surgical phase ( Curettage of periodontal pockets, which lasted on average about 14-16 days). Comparing the first and second groups, it was found that the positive result of Tskaltubo radon water and the statistical difference between these two groups is not only in the reduction of the periodontal inflammatory process, but also in the change of treatment time. ( $p < 0.05$ ). This fact proves that Tskaltubo water rinses and inhalations give results faster than traditional medical treatment. From the seventh day, there is a clear tendency in the antibody concentration decrease. The antibodies remained in both groups. Moreover, in group 2 sIgA venous blood had statistically significant differences compared to the first group. ( $p < 0.05$ ) (see Table 1, Figure 1). There was a decrease in IgG and IgM levels in the venous blood of patients in group 1, while in group 2 all classes of immunoglobulins were statistically significantly reduced compared to group 1 ( $p < 0.05$ ) (Chandra A, 2015. Choy M, 2020. Discacciati JA, 2020).

The IgA concentrations in the venous blood of all subjects corresponded to reliable values, although this rate was significantly lower in group 2 compared to the first, as well as IgG and IgM concentrations ( $p < 0.05$ ) (Table 2). There are significant differences between the 1st and 2nd groups, which are observed with the involvement of the immunomodulatory effect of Tskaltubo radon-containing water, these data clearly reveal the harmonization of immunological reactivity, including humoral immunity factors (Bansal P, 2015. Deloch L 2018. Eftekhar L, 2017).

From the 14th day of the observation, the "advantage" of the 2nd group over the first became even more apparent and was statistically reliable. On the 21st and 30th days of treatment, similar trends were even more strongly observed in patients in both groups, both in the gingival fluid and in the venous blood, indicating a low concentration of immunoglobulins and at the same time being correspondent with control. sIgA, IgA, IgG levels and IgM in the 2nd group were statistically significantly lower than in the 1st group ( $p < 0.05$ ). At the same time, IgA concentrations in both groups as well as IgG and IgM in group 2 correspond to reliable values. It should be noted that the decrease in immunoglobulin levels in group I is associated with traditional treatment of CPM (Chandra A, 2014. Deloch L, 2018. Donaubauber A, 2020). Traces have shown that there is a weakening of the inflammatory process and subsequent

disappearance, but over a period of time there is a resumption of inflammatory events, an increase in antigen load and an increase in the concentration of antibodies. As for the 2nd group, the involvement of Tskaltubo water leads to the enhancement of the immunomodulatory effect, which is aimed at the harmonization of humoral immunity, which turned out to be much more important and was distinguished by a higher degree of maintenance of the obtained result. In our case, this new approach is the use of Tskaltubo radon-containing water for rinses and inhalation, which activates peripheral microcirculation and central hemodynamics. All of the above leads to the activation of the immune system. In particular, inhalation and rinses with Tskaltubo water cause activation of NO, which can be considered in the context of an autocrine homeostatic modulator. It has been established that macrophages-killers are an important source of NO; It is through NO activation that they inhibit the synthesis of tumor cell DNA and exert cell-suppressed, anti-inflammatory, desensitizing, and sedative action on tumor cells. It regulates the ion exchange of Na, K and Ca, as shown in our previous experiments, inhibits specific autoimmune and activates the action of nonspecific immune systems. All of the above allows us to think that radon in Tskaltubo water causes a reduction of free radicals at the expense of activating the immune system, which in turn has a significant impact on the restoration of bone damaged by the use of orthodontic appliances, against the background of osteoblasts activation and, correspondingly, at the expense of the digestion of microorganisms developed in the periodontitis tissue. Therefore, we have studied the cytokines IL1, IL-6, (TNF- $\alpha$  - Tumor necrosis factor), tumor necrosis factor (TNF), as it is known from the literature (interferon (IFN)) have the most significant effect on bone tissue, affecting the differentiation of osteoblasts and bone resorption. IL-1, IL-3, IL-6, IL-11, TNF play an important role in the development of osteoclasts, which in turn leads to the regulation of local and systemic inflammatory reactions and participates in the alleviation of osteoporosis, IL-1 (produced by monocytes, macrophages, fibroblasts) enhances the differentiation of osteoclasts and therefore has a resorption effect (He F. 2019. Kanungo M, 2013).

The IL-6 is produced by activated monocytes or macrophages, endothelial cells, fibroblasts, activated T cells; stimulates the production of osteoblasts by producing glycoprotein receptors on stromal / osteoblastic cells, which in turn activates the kappa- $\beta$  ligand of the receptor activator. At the same time, the discovery of this cytokine system RANKL-RANK-OPG contributed to an important understanding of the process of remodeling and pathogenesis of osteoporosis, and we can say that Tskaltubo radon-containing water can cause movement of the bones and the formation of free spaces (Discacciati JA, 2012. Deloch L, 2018.). RANKL is a glycoprotein produced



by osteoclast cells and activated by T-lymphocytes, belonging to the tumor necrosis factor (Deloch L, 2018, Jiang YH, 2014).



Figure 2: The movement of the bones and the formation of free spaces

Is a superfamily of factor (TNF) ligands (Nikolaishvili M, 2019) and is a major stimulus for osteoclast maturation. The RANKL expressed on the surface of osteoblasts binds to the RANK receptor, which is located on the membranes of osteoclast progenitor cells and induces the process of osteoclast differentiation and activation. At the same time, osteoprotegerin (OPG) is a receptor for RANKL synthesized by osteoblast cells, as well as stromal cells, vascular endothelial cells, and B-lymphocytes, which act as RANKL endogenous receptors, interacting with their own endogenous receptor. Radon inhibits the formation of adult multinucleated osteoclast cells, disrupts the process of osteoclastogenesis and thus reduces bone resorption activity. IL-1 Ra (an IL-1 receptor antagonist), a natural inhibitor of IL-1 $\beta$  action, also plays a role in bone remodeling (Choy M,2020., Donaubauer A, 2020).

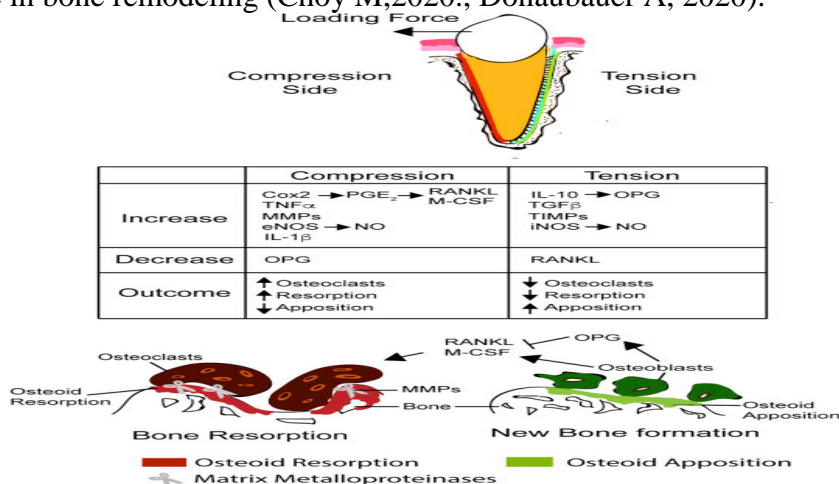


Figure 3: Regulation of osteoclasts and osteoblasts through Tskaltubo water

Thus, the imbalance between inflammatory (enhanced bone resorption) and anti-inflammatory cytokines (enhanced osteoblastogenesis) should be directed

at increasing the content of cytokines involved in the inflammatory response, it is known that an increase in RANKL causes bone resorption. There is no doubt that this mechanism of bone remodeling disorder, which lies in the pathogenesis of osteoporosis, provides new opportunities for the search and treatment of modern methods in patients with impaired bone mineral density. In our case, it is Tskaltubo radon-containing water, which, according to our research, causes the regulation of these processes by the activation of osteoblasts during orthodontic treatment. Bone mineralization, RANKL-RANK-OPG modulation by cytokines IL-1 $\beta$ , IL-6 and TNF- $\alpha$  were studied in two groups we recruited (Chandra A, 2015. Deloch L, 2018. Eftekhar L, 2017). The 1-st group underwent conservative treatment, while the 2-nd group underwent water rinses and inhalation of Tskaltubo radon water for 5-10 days. It seems that radon-containing water in Tskaltubo causes a decrease in cytokine content in the 2-nd group and an approach to control, a further decrease in the case of TNF- $\alpha$ , all of which indicate rapid changes in inflammatory processes, which further enhance bone mineralization, positively affecting bone strength and the activation of osteoblasts (Choy M, 2020. Jiang YH, 2014).

**Table 3:** The role of cytokines in bone regeneration

Patient group	Cytokines	Gum tissue fluid	After 1 month	After 3 months
Control group	IL-1 $\beta$	4.4 [3,9-5,8]	4.5 [4.1-5,7]	4.6 [4,0-5,6]
	IL-6	0,16 [0,11-0,18]	0,15 [0,12-0,17]	0,14 [0,11-0,16]
	TNF- $\alpha$	0,90 [0,68-1,06]	0,96 [0,78-1,05]	0,90 [0,77-1,04] P1<0,0001
Group 1 Standard medicinal Treatment	IL-1 $\beta$	4.9 [4,2-5,6]	4.8 [3,9-5,4]	4.7 [4,0 -5,3]
	IL-6	0.16 [0,14-0,18]	0.17 [0,15-0,20]	0.16 [0,13-0,18]
	TNF- $\alpha$	0.88 [0,73-1,04]	0.87 [0,74-1,09]	0.86 [0,74-1,10] P1<0,0001
Group 2 Radon- containing water (inhalation and rinses) 5-10 days.	IL-1 $\beta$	4.8 [4,0-5,6]	4.7 [3,9-5,4]	4.5 [4,0 -5,3]
	IL-6	0.15 [0,13-0,18]	0.16 [0,15-0,20]	0.15 [0,12-0,17]
	TNF- $\alpha$	0.86 [0,73-1,04]	0.85 [0,74-1,09]	0.87 [0,74-1,10] P1<0,0001

As it is known from the literature, the use of Tskaltubo radon-containing water causes a significant effect on bone tissue metabolism. All of this finds some expression in the modulation of the cytokine system and in the involvement of these processes which play a leading role in the RANKL-control mechanisms of bone tissue remodeling. RANK-OPG (Table 3). Receptor ligand solution form substitute - in kappa-B modulation of bone tissue nuclear factor. (sRANKL) activator in the control group was 0.139 [0.13-0.148] pmol / l, osteoprotegerin level - RANKL soluble (false) receptor that inhibits osteoclast formation and bone resorption - 3.66 [3.14-4.18] pmol / l, and sclerostin - an inhibitor of osteoblastogenesis - 225 [204-246] pmol / l.

Table 4 shows the content of some cytokines involved in osteoclastogenesis and osteoblastogenesis in the treatment of patients with chronic generalized periodontitis.

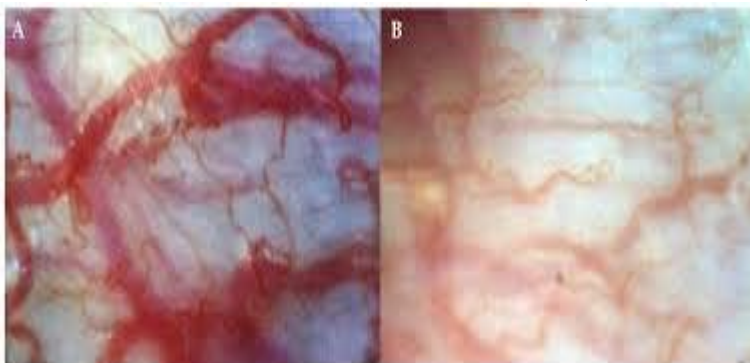
**Table 4: Content of some cytokines in osteoclastogenesis and osteoblastogenesis**

Indicator	Patient Group	Before treatment	After 1 month	After 2 months
sRANKL,pmol / l	Group 1, n=25	0,216 [0,195-0,237]	0,203 [0,182-0,225]	0,205 [0,200-0,231]
	Group 2, n=25	0,213 [0,193-0,231]	0,174 [0,157-0,185] P=0,0004	0,170 [0,155-0,178] P<0,0001 P1=0,0008
	Control Group		0.139[0.13-0.148]	
OPG,pmol / l	Group 1, n=25	4,67 [3,79-5,56]	4,26 [3,62-4,91]	4,54 [3,88-5,20]
	Group 2, n=25	4,21 [3,26-4,84]	4,01 [3,25-4,37]	4,32 [3,43-4,66]
	Control Group		3,66 [3,14-4,18]	
Sclerostin pmol / l	Group 1, n=25	284 [255-312]	280 [260-300]	288 [270-311]
	Group 2, n=25	288 [266-311]	232 [204-270] P=0,0063 P1=0,0234	228 [216-240] P=0,0388 P1=0,0013
	Control Group		225 [204-246]	

## Discussion

Based on each of the above, it can be said that the use as a rinses and inhalation of Tskaltubo water leads to improved bone mineralization, reduced osteo-resorption intensity, increased intensity in the bone formation phases and decreased osteoclastogenesis. Tskaltubo radon-containing water causes enhancement of Ca, K, Na metabolism, which in itself has a positive effect on the statistically significant reduction of the inflammatory process and inflammatory markers in periodontal tissue and the enhancement of bone mineralization of bone tissue and the use of Tskaltubo radon-containing water

at the expense of activating the vascular system. (Donaubauer,A, 2020. Eftekhar L, 2017. Mendes E, 2019. Chikobava S, 2019)



**Fig. 4:** Mineralization of bone tissue and the use of Tskaltubo radon-containing water at the expense of activating the vascular system.

While in plasma it causes a decrease in the content of resorptive markers, also acts on the regulation of osteoclastogenes in blood plasma - sRANKL and activation of osteoprotegerin by reducing the osteoblastogenesis inhibitor namely sclerostin produced by osteoclasts.  $\beta$ -RPA (inhibitor of resorption processes) causes changes in the regulators of osteoclastogenesis (Nikolaishvili M, 2019. Vasconcelos KF, 2016. Wrigh L, 2015).

Thus it can be said that the use of Tskaltubo radon-containing water in orthodontics will help to improve mineral metabolism, balance between osteoresorption and bone formation phases, and reduce the intensity of osteoclastogenesis. The use of Tskaltubo radon-containing mineral water in orthodontics in comparison with traditional protocol treatment leads to a statistically significant change in the reduction of activators of resorption processes in blood plasma, an increase in the level of AAP (acid-alkaline phosphatase) marker of new bone tissue formation. As well as changes in osteoclastogenesis - regulation of sRANKL and osteoprotegerin, in particular a decrease in the sRANKL / OPG ratio and consequently a decrease in the level of osteoblastogenesis inhibitor - sclerostin produced by osteoclasts, which is produced by osteoclasts (Omiadze S,2020. Shemesh A, 2017. Rogers S, 2020).

All of these processes already lead to the normalization of bone mineralization, which already has a positive effect on the processes of osteointegration, which other authors note even in the case of the use of very small doses of radiation (hormesis). We have developed an algorithmic method for the diagnosis of patients with chronic generalized periodontitis and the rapid recovery of new bone tissue in the case of orthodontic treatment and the reduction of inflammatory processes over a long period of time.

## References:

1. Bansal P, Nikhil V, Kapur S. (2015). Multiple idiopathic external apical root resorption: A rare case report. *J Conserv Dent (India)*.18:70-72.
2. Chandra A, Lin T, Tribble M, Zhu J, Altman A, Tseng W, Zhang Y, et al. (2014). PTH1-34 alleviates radiotherapy-induced local bone loss by improving osteoblast and osteocyte survival. *Bone* 67, 33–40.
3. Chandra A, Lin, T, Zhu J, Tong W, Huo Y, Jia H, Zhang Y; et al. (2015). PTH1-34 blocks radiation-induced osteoblast apoptosis by enhancing DNA repair through canonical Wnt pathway. *J. Biol. Chem.* 290, 157–167.
4. Choy M, Wong R, Chow S, Li M, Chim Y, Ho W, Cheng J, Cheung W, et al. (2020). How much do we know about the role of osteocytes in different phases of fracture healing? A systematic review. *J. Orthop. Translat.*, 21, 111–121.
5. Donaubaue A, Deloch L, I Becker na, Rainer F., Benjamin F. and Udo S. (2020). The Influence of Radiation on Bone and Bone Cells—Differential Effects on Osteoclasts and Osteoblasts *International J. of Molecular Sciences*
6. Discacciati JA, de Souza EL, Costa SC, Sander HH, Barros Vde M, Vasoconcellos WA. (2012). Invasive cervical resorption: etiology, diagnosis, classification and treatment. *J Contemp Dent Pract (India)*.;13:723-728.
7. Deloch L, Derer A, Hueber A, J. Herrmann M, Schett G, A. Wolfelschneider J, Hahn J, et al. (2018). Low-Dose Radiotherapy Ameliorates Advanced Arthritis in hTNF-alpha tg Mice by Particularly Positively Impacting on Bone Metabolism. *Front. Immunol.* 9, 1834.
8. Deloch L; Ruckert M, Fietkau, R, Frey, B, Gaipf, U.S. (2018). Low-Dose Radiotherapy Has No Harmful Effects on Key Cells of Healthy Non-Inflamed Joints. *Int. J. Mol. Sci.* 19, 3197.
9. Donaubaue A, Zhou J, Ott O, Putz F, Fietkau R, Keilholz L, Gaipf U.S, Frey B, Weissmann T. (2020) Low Dose Radiation Therapy, Particularly with 0.5 Gy, Improves Pain in Degenerative Joint Disease of the Fingers: Results of a Retrospective Analysis. *Int. J. Mol. Sci.* 21, 5854.
10. Eftekhari L, Ashraf H, Jabbari S. (2017). Management of Invasive Cervical Root Resorption in a Mandibular Canine Using Biodentine as a Restorative Material: A Case Report. *Iranian Endodontic Journal*.12:3:386.
11. He F, Bai J, Wang J, Zhai J, Tong L, Zhu, G. (2019). Irradiation-induced osteocyte damage promotes HMGB1-mediated osteoclastogenesis in vitro. *J. Cell Physiol.* 234, 17314–17325.

12. Jiang YH, Lin Y, Ge J, Zheng JW, Zhang L, Zhang CY. (2014). Multiple idiopathic cervical root resorptions: report of one case with 8 teeth involved successively. *Int J Clin Exp Med*. 7(4):1155-1159.
13. Kanungo M, Khandelwal V, Nayak UA, Nayak PA. (2013). Multiple idiopathic apical root resorption. *BMJ Case Rep*.
14. Kullmann, M. Ruhle P.F. Harrer A. Donaubaue A. Becker I. Sieber R. Klein G. et al. (2019). Temporarily increased TGFbeta following radon spa correlates with reduced pain while serum IL-18 is a general predictive marker for pain sensitivity. *Radiat. Environ. Biophys*. 58, 129–135.
15. Mendes E. Irie M. Rabelo G. Borges J. Dechichi P. Diniz R. Soares P. (2019). Effects of ionizing radiation on woven bone: Influence on the osteocyte lacunar network, collagen maturation, and microarchitecture. *Clin. Oral Investig*.
16. Dondoladze Kh, Nikolaishvili M, Zurabashvili D. (2021). The effect of balneotherapy on the oxidative system and changes in anxiety behavior, enhanced by low doses of radon. *International Journal of Radiation Biology*, 1-9. Omiadze S, Nikolaishvili M, Shishviashvili T. (2020). Radon inhalation from Tskaltubo in clinical and biochemical studies in patients with parodontitis "GMN Georgian Medical News: N9 april, Chikobava S, Nikolaishvili M, Gogiberidze M. (2019). Immunological aspects of the temporomandibular joint. *Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) #11 (68)*,
17. Nikolaishvili M, Museliani T, Jikia G, Dondoladze Kh. (2019). Healing properties of inhalation radon of Tskaltubo water on the periodontitis systemic, Cellular and Molecular Mechanisms of Physiological Functions and Their Disorders The T 43, N3-4 ISBN: 978-1-53614-395-9.
18. Shemesh A, Itzhak B, Solomonov M. (2017). Minimally Invasive Treatment of Class 4 Invasive Cervical Resorption with Internal Approach: A Case Series. *Journal of Endodontics*. 43:11:1901-1908.
19. Rogers S, Eberle B, Vogt D.R. Meier E. Moser L. Gomez S. Desborough, S. et al. (2020). Prospective Evaluation of Changes in Pain Levels, Quality of Life and Functionality After Low Dose Radiotherapy for Epicondylitis, Plantar Fasciitis, and Finger Osteoarthritis. *Front Med (Lausanne)*. 7: 195.
20. Vasconcelos KF, et al. (2016) CBCT Post-Processing Tools to Manage the Progression of Invasive Cervical Resorption: A Case Report. *Brazilian Dental Journal*. 27:4:476-480.

Wright L. Buijs J. Kim H. Coats L. Scheidle, A. John S. She Y. et al.  
(2015).Single-Limb Irradiation Induces Local and Systemic Bone Loss in a  
Murine Model. J. Bone Miner. Res. 30, 1268–1279.

## Evaluación del $\beta$ -Cariofileno sobre el estrés oxidativo de ratones BALB/c con hiperglicemia inducida mediante la administración de estreptozotocina

*María de Jesús Romero-Hernández, estudiante*

Laboratorio de Inmunología, Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Vida, Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara

*Oscar Gutiérrez-Coronado, PhD*

Laboratorio de Inmunología, Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Vida, Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara

*José Luis Muñoz-Carrillo, PhD*

Laboratorio de Ciencia Básica, Facultad de Odontología, Escuela de Ciencias Biomédicas, Universidad Cuauhtémoc

*Juan Manuel Viveros-Paredes, PhD*

Departamento de Farmacobiología, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara

*Paola Trinidad Villalobos-Gutiérrez, PhD*

Laboratorio de Inmunología, Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Vida, Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n8p112](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p112)

Submitted: 07 January 2022  
Accepted: 01 February 2022  
Published: 28 February 2022

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

Cite As:

Romero-Hernández M., Gutiérrez-Coronado O., Muñoz-Carrillo J., Viveros-Paredes J.M., & Villalobos-Gutiérrez P.T.,(2022). *Evaluación Del  $\beta$ -Cariofileno Sobre El Estrés Oxidativo De Ratones BALB/C Con Hiperglicemia Inducida Mediante La Administración De Estreptozotocina* European Scientific Journal, ESJ, 18 (8), 112.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p112>

### Resumen:

**Introducción.** El  $\beta$ -cariofileno es un sesquiterpeno bicíclico que se encuentra distribuido en el aceite esencial de varas plantas como clavo de olor, pimienta, orégano, romero y *Cannabis sativa*. **Objetivo.** En este trabajo se evaluó el efecto antioxidante del  $\beta$ -cariofileno en un modelo de hiperglicemia inducido por estreptozotocina (STZ). **Material y métodos.** La hiperglicemia fue inducida a ratones BALB/c por la administración de una dosis única de STZ (160 mg/kg) vía intraperitoneal. Los ratones se dividieron en 4 grupos: el



grupo control; el grupo de  $\beta$ -cariofileno; el grupo de STZ y el grupo de STZ mas  $\beta$ -cariofileno, el tratamiento de  $\beta$ -cariofileno se administro una dosis diaria de 10 mg/kg vía oral durante 4 semanas, mientras que al grupo control y el grupo de STZ solo se les administro 150  $\mu$ l de vehículo. Posterior al tratamiento se determinaron los niveles de glucosa, la actividad de catalasa, los niveles de las sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico (TBARS) y oxido nítrico (NO) en plasma. **Resultados.** La administración de  $\beta$ -cariofileno mostró un efecto hipoglucemiante disminuyendo significativamente los niveles de glucosa durante el tratamiento acentuándose mas esta disminución en la semana 4. Así mismo, se observó una disminución significativa en los niveles de TBARS y NO en el grupo tratado con  $\beta$ -cariofileno, sin embargo, no se observaron cambios en la actividad de la catalasa (CAT). **Conclusión.** Estos datos demuestran que el tratamiento con  $\beta$ -cariofileno muestra propiedades hipoglucemiante, así como un efecto antioxidante en un modelo de hiperglicemia inducida por STZ, colocando al  $\beta$ -cariofileno como una alternativa en los trastornos que conlleva la hiperglicemia.

---

**Palabras clave:**  $\beta$ -cariofileno, estreptozotocina, hiperglicemia, estrés oxidativo

## Evaluation of $\beta$ -caryophyllene on Oxidative Stress in BALB/C Mice with Hyperglycemia Induced by the Administration of Streptozotocin

*María de Jesús Romero-Hernández, estudiante*

Laboratorio de Inmunología, Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Vida, Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara

*Oscar Gutiérrez-Coronado, PhD*

Laboratorio de Inmunología, Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Vida, Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara

*José Luis Muñoz-Carrillo, PhD*

Laboratorio de Ciencia Básica, Facultad de Odontología, Escuela de Ciencias Biomédicas, Universidad Cuauhtémoc

*Juan Manuel Viveros-Paredes, PhD*

Departamento de Farmacobiología, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara

*Paola Trinidad Villalobos-Gutiérrez, PhD*

Laboratorio de Inmunología, Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Vida, Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara

---

### Abstract

**Introduction.**  $\beta$ -caryophyllene is a bicyclic sesquiterpene found in the essential oil of various plants such as cloves, pepper, oregano, rosemary, and *Cannabis sativa*. **Objective.** In this work, the antioxidant effect of  $\beta$ -caryophyllene was evaluated in a model of hyperglycemia-induced by streptozotocin (STZ). **Material and methods.** Hyperglycemia was induced in BALB/c mice by the administration of a single dose of STZ (160 mg/kg) intraperitoneally. The mice were divided into 4 groups: the control group; the  $\beta$ -caryophyllene group; In the STZ group and the STZ group plus  $\beta$ -caryophyllene, the  $\beta$ -caryophyllene treatment was administered a daily dose of 10 mg/kg orally for 4 weeks, while the control group and the STZ group were only administered 150  $\mu$ L of vehicle. After treatment, glucose levels, catalase activity, TBARS, and nitric oxide (NO) levels in plasma were determined. **Results.** The administration of  $\beta$ -caryophyllene showed a hypoglycemic effect, significantly decreasing glucose levels during treatment, this decrease being more accentuated in week 4. Likewise, a significant decrease in the levels of TBARS and NO were observed in the group treated with  $\beta$ -caryophyllene, however, no changes were observed in catalase activity. **Conclusion.** These data show that treatment with  $\beta$ -caryophyllene shows hypoglycemic properties, as well as an antioxidant effect in a model of hyperglycemia-induced by STZ, placing  $\beta$ -caryophyllene as an alternative in

the disorders associated with hyperglycemia.

---

**Keywords:**  $\beta$ -caryophyllene, streptozotocin, hyperglycemia, estres oxidative

### **Introducción**

La diabetes mellitus tipo 2 (DMT2) es una enfermedad caracterizada por hiperglucemia, hiperlipidemia y resistencia a la insulina orgánica. Este cambio patológico en los niveles de energía circulante y la utilización del sustrato energético por los tejidos centrales y periféricos contribuye a la disfunción mitocondrial donde se llevan a cabo vías celulares críticas como el metabolismo del sustrato energético y las especies reactivas de oxígeno (ROS). El desequilibrio de estos procesos en la DMT2 da como resultado déficits posteriores en las funciones vitales, incluido el metabolismo de los hepatocitos, el gasto cardíaco, la contracción del músculo esquelético, la producción de insulina de las células  $\beta$  y la salud neuronal (Pinti, M. V., et al., 2019). La estreptozotocina (STZ) es un análogo citotóxico de glucosa, se usa en el tratamiento para cáncer de páncreas y como agente antimicrobiano (Lenzen, 2008). Inhibe la secreción de insulina a través del transportador de glucosa 2 (GLUT2) de baja afinidad lo que provoca daño selectivo en las células  $\beta$  pancreáticas. Por lo tanto, el desarrollo de la diabetes mellitus (DM) después del daño a los islotes pancreáticos se relaciona con la inducción local y sistematizada del estrés oxidativo (Samarghandian y col., 2017). El estrés oxidativo es un factor esencial para el desarrollo y la progresión de la diabetes, se basa en la disminución de la hiperglucemia y las actividades antioxidantes endógenas del organismo (Mihailović et al., 2015). El nivel alto de ROS puede dañar la estructura de varias biomoléculas, incluidos los lípidos, proteínas y el ADN, que conduce a un aumento del estrés oxidativo en diversas enfermedades en el humano, como DM y enfermedades neurodegenerativas (Phaniendra, et al., 2015). Un signo de daño oxidativo a las células y tejidos de pacientes diabéticos es la peroxidación de lípidos (LPO) (Chatziralli. I. P., et al., 2017). Los ácidos grasos libres (AGL) están implicados en inducir la producción de la enzima óxido nítrico sintasa inducible (iNOS) e incrementar los niveles de NO (Bredt, D. S., & Snyder, S. H., 1994). Altas concentraciones de NO ejerce un efecto citotóxico para las células  $\beta$ , a través de la inhibición de la secreción de insulina, interrupción del transporte de electrones, inducción de peroxidación lipídica y apoptosis (Assmann, T. S., et al., 2016). Recientemente el uso de fitoquímicos antioxidantes como coadyuvantes en el manejo de la diabetes ha tomado importancia. El  $\beta$ -Cariofileno es un sesquiterpeno bicíclico natural aislado de aceite de hoja de clavo de olor, aceite de tallo de clavo, aceite de hoja de canela y fracciones de aceite de pino. Se ha utilizado como agente aromatizante y como ingrediente de fragancia desde la década de 1930 (Viveros-Paredes, J. M., et al., 2017). Es un agonista selectivo

del receptor cannabinoide tipo 2 (CB2R), que se expresa mayormente en el sistema nervioso periférico. (Klauke, A. L., et al., 2014). Este receptor inhibe la adenilil ciclasa y activa la proteína cinasa activada por mitógeno mediante señalización a través de proteínas Gi/o (Pertwee, R. G., et al., 2010). Existen varios antioxidantes en las células ya sea enzimáticos (superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa y catalasa) o no enzimáticos (como glutatión y ácido úrico) como eliminadores de las ROS, para prevenir el daño oxidativo en las membranas biológicas (Pieme, C. A., et al., 2017; Ibrahim, A., et al., 2017). El mecanismo antioxidante del  $\beta$ -cariofileno está vinculado a su estructura ya que posee anillos dobles, lo que permite la inserción de radicales libres, evitando el deterioro del estado oxidante/antioxidante, teniendo efectos protectores contra las variables del estrés oxidativo hepático lo que evita un aumento en los niveles de ROS y TBARS, y mejorando el sistema de defensa antioxidante hepático primario (Baldissera, M. D., et al., 2017). El aumento de la glucemia en ayunas afecta los niveles de glutatión reducido y la CAT en pacientes diabéticos. El aumento en la actividad de la CAT puede ser una respuesta a una inducción de la enzima causada por el alto nivel de su sustrato (organoperoxidos y  $H_2O_2$ ) (Pieme y col., 2017). En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto del  $\beta$ -cariofileno sobre el estrés oxidativo en un modelo murino tras la administración de estreptozotocina.

## **Materiales Y Métodos**

### *Animales*

Para el experimento se utilizaron 40 ratones machos BALB/c, con un peso promedio de 22 a 30 gramos, de 2 a 3 meses de edad y con un ambiente controlado a una temperatura de  $25\pm 3$  °C y con un ciclo de luz y oscuridad de 12:12, con libre acceso a alimento. Fueron manipulados de acuerdo a las especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 publicada por SAGARPA en el Diario Oficial del Gobierno Mexicano 22 de Agosto de 2001).

### *Inducción de hiperglicemia*

Los ratones (n=20) con ayuno de 16 horas se les administro una dosis única de 160 mg/kg de STZ vía intraperitoneal. Los niveles de glucosa y el peso se monitorearon al término de 10 días posteriores a la administración de STZ.

### *Administración de $\beta$ -cariofileno y vehículo (Tratamiento)*

Los ratones (n=40) se dividieron en 4 grupos: el grupo de  $\beta$ -cariofileno (n=10); el grupo de STZ mas  $\beta$ -cariofileno (n=10) a ambos grupos se les administro una dosis diaria de 10 mg/kg de  $\beta$ -cariofileno vía oral disuelto en

150 µl de solución salina fisiológica como vehiculo durante 4 semanas, mientras que al grupo control (n=10) y el grupo de STZ (n=10) solo se les administro 150 µl de vehículo.

#### *Determinación de los niveles de glucosa basal*

Esta prueba se realizó una vez a la semana colocando ayuno de 4 horas, durante 4 semanas de tratamiento, y se determinó la glucosa en sangre utilizando un glucómetro digital *Contour* de Bayer, haciendo una punción en el extremo de la cola, al finalizar la toma de glucosa, se administrará vía oral a cada grupo el tratamiento correspondiente.

#### *Sacrificio y obtención de plasma*

Todos los ratones se anestesiados con 50 mg/kg de pentobarbital sódico (PISABENTAL®, Reg. SAGARPA Q-7833-215), previo a la recolección del plasma. Cada ratón se inyectó vía subcutánea 200 µl de heparina y se obtuvo la sangre por punción cardiaca (Jekl, V., et al., 2005). La sangre obtenida se centrifugó por 10 minutos a 10,000 RPM separando el plasma, las muestras se almacenaron a -80 °C para la posterior determinación de catalasa, peroxidación lipídica y óxido nítrico.

#### *Catalasa (CAT)*

La determinación de actividad de catalasa se realizó bajo el protocolo indicado por el fabricante: *Catalase Assay Kit* (ab83464) de Abcam®. La catalasa presente en la muestra reacciona con el peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), para producir agua y oxígeno. El peróxido no convertido reacciona con la sonda óxido/reducción y el producto que se forma se mide colorimétricamente a 570nm.

#### *Lípidos Oxidados (LPO)*

Para la evaluación de peroxidación de lípidos se utilizó el kit TBARS bajo el protocolo indicado por el fabricante: *TBARS Assay (KGE013)*, que mide concentración de malondialdehído (MDA) formado cuando los hidroperóxidos y aldehídos lipídicos resultantes de la peroxidación de lípidos de la membrana celular reaccionan con el ácido tiobarbitúrico (TBA). El MDA es un pigmento rosa cristalino cuya absorción máxima se registra a 532 nm.

#### *Determinación del óxido nítrico*

Este ensayo se basa en la reacción de Griess, que determina el óxido nítrico total basado en la conversión enzimática de nitrato a nitrito por la nitrato reductasa. La reacción es seguida por una detección colorimétrica de nitrito como un compuesto azo coloreado de la reacción de Griess. Las placas

fueron leídas a una longitud de onda de 540 nm en un lector de microplacas (R & D Systems Minneapolis, MN, USA).

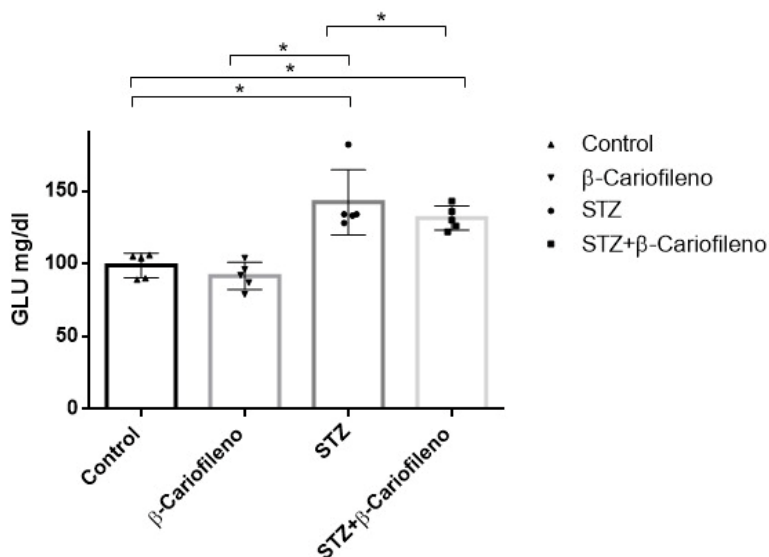
### *Análisis Estadístico*

Los datos se expresaron como la media  $\pm$  desviación estándar de un número de muestra de 40 ratones machos. Las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos se determinaron mediante un ANOVA con una prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Para su análisis se utilizó el Software *GraphPad Prism 6*.

## **Resultados**

### *Efecto del $\beta$ -cariofileno sobre los niveles de glucosa.*

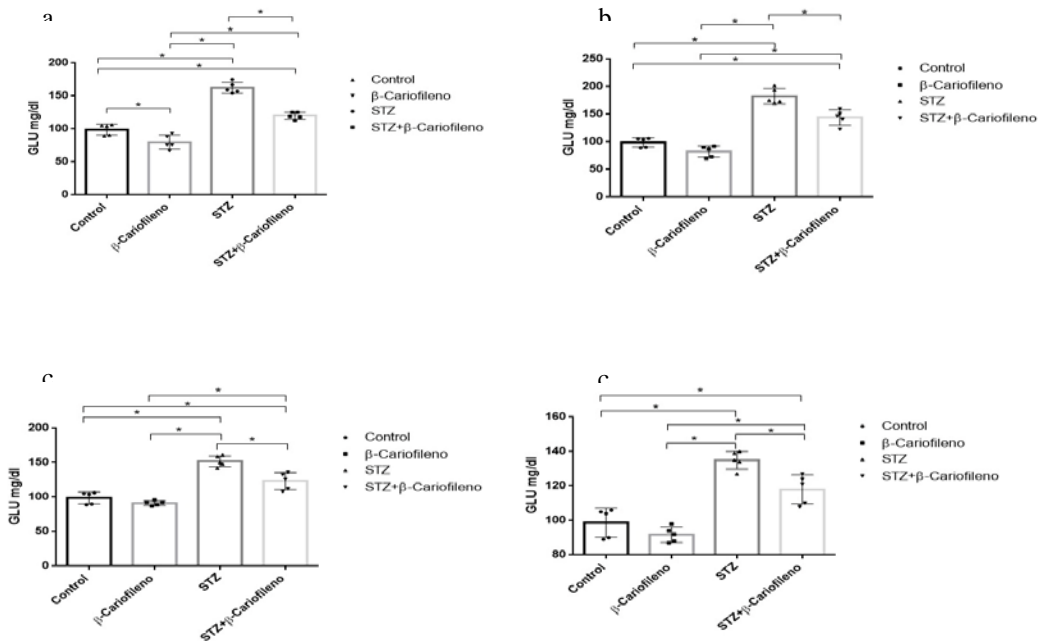
En la figura 1 se muestran los niveles basales de glucosa de los diferentes grupos de trabajo 10 días posteriores a la administración de 160 mg/kg de STZ, en los grupos de STZ y STZ+  $\beta$ -cariofileno, ambos grupos mostraron un incremento en los niveles de glucosa en sangre ( $148.85 \pm 10.43$  mg/dL y  $150.12 \pm 18.85$  mg/dL respectivamente) y al ser comparados con el grupo control este incremento es significativo ( $p < 0.01$ ).



**Figura 1.** Niveles basales de glucosa en ratones con hiperglicemia 10 días posteriores a la administración de STZ. El grupo control y el grupo de  $\beta$ -cariofileno son ratones sanos, el grupo de STZ así como el grupo STZ+ $\beta$ -cariofileno solo recibieron el daño por la administración de estreptozotocina. Los datos están representados como la media  $\pm$  desviación estándar obtenidos de 5 ratones por cada grupo. \* $p < 0.01$

La figura 2, muestra el efecto de la administración de  $\beta$ -cariofileno (10 mg/kg vía oral) sobre los niveles de glucosa después de una, dos, tres y cuatro

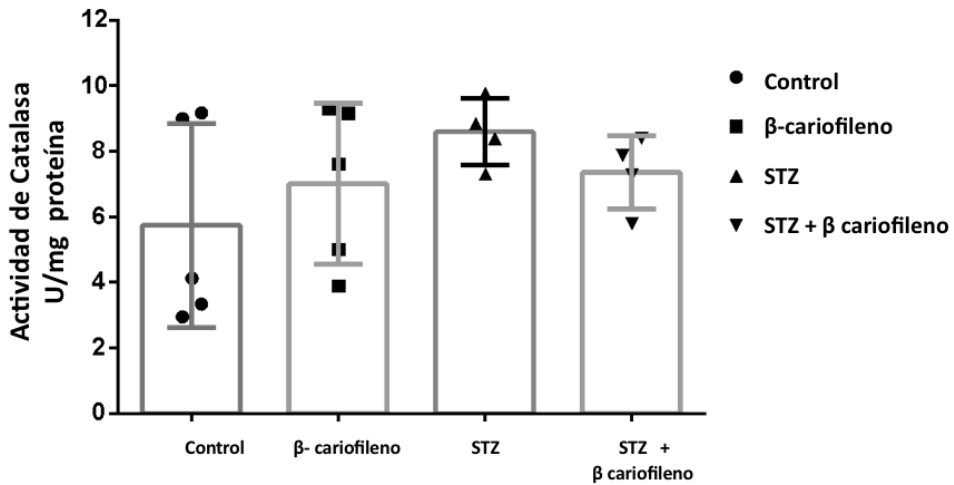
semanas. El tratamiento con el  $\beta$ -cariofileno disminuye significativamente ( $p < 0.01$ ) los niveles de glucosa de  $150.12 \pm 18.85$  mg/dL (grupo de STZ) a  $131.20 \pm 6.04$  mg/dL (grupo de (STZ+ $\beta$ -cariofileno), durante una semana de tratamiento, este mismo efecto se observa durante la semana 2 y 3 de tratamiento (Figura 2b y 2c respectivamente) y se acentúa más cuando los ratones reciben el tratamiento durante 4 semanas (Figura 2d), disminuyendo los niveles de glucosa hasta  $114 \pm 5.35$  mg/dL, siendo esta disminución significativa ( $p < 0.01$ ) al ser comparada con el grupo que solo recibió la STZ.



**Figura 2.** Efecto del  $\beta$ -cariofileno (10 mg/kg) sobre los niveles de glucosa en sangre de ratones con hiperglicemia inducida por STZ. a) niveles de glucosa con 1 semana de tratamiento con  $\beta$ -cariofileno; b) Niveles de glucosa durante 2 semanas de tratamiento con  $\beta$ -cariofileno; c) Niveles de glucosa durante 3 semanas de tratamiento con  $\beta$ -cariofileno; d) Niveles de glucosa durante 4 semanas de tratamiento con  $\beta$ -cariofileno. Los datos están representados como la media  $\pm$  desviación estándar obtenidos de 5 ratones por cada grupo. \* $p < 0.01$ .

### Actividad de catalasa en suero

La actividad de catalasa en suero de ratones tratados con  $\beta$ -cariofileno, se muestra en la figura 3, donde la actividad de la catalasa en plasma del grupo STZ, así como del grupo de STZ+  $\beta$ -cariofileno, mostraron un incremento en la actividad de esta enzima, sin embargo, este incremento no fue significativo al compararlo con el grupo control.

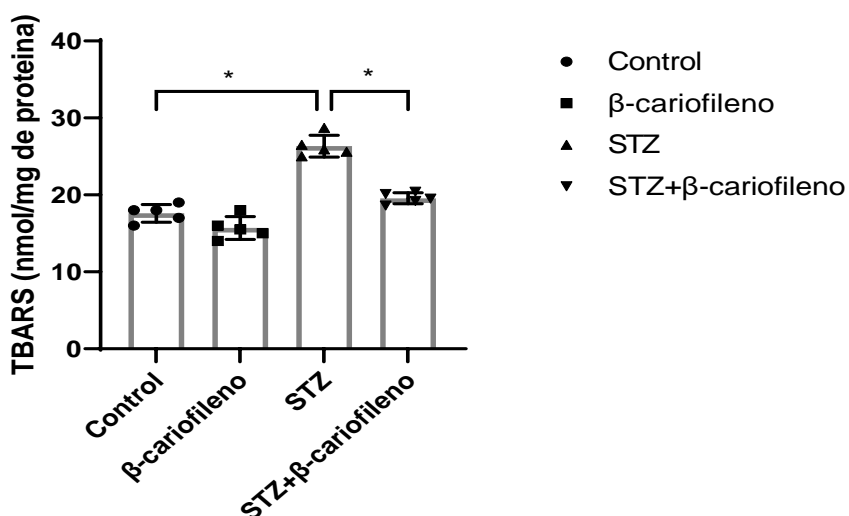


**Figura 3.** Efecto del  $\beta$ -cariofileno durante 4 semanas sobre la actividad de catalasa en suero de ratones con hiperglicemia inducida por la administración de 160 mg/kg STZ. El grupo de control corresponde a ratones sanos; el grupo de  $\beta$ -cariofileno solo recibió 10 mg/kg de  $\beta$ -cariofileno; el grupo de STZ recibió solo STZ; el grupo de STZ +  $\beta$ -cariofileno recibió STZ y tratado con 10 mg/kg de  $\beta$ -cariofileno. Los datos están representados como la media  $\pm$  desviación estándar obtenidos de 5 ratones por cada grupo.

#### *Efecto del $\beta$ -cariofileno sobre los lípidos oxidados*

El efecto del  $\beta$ -cariofileno en los niveles de TBARS se representa en la figura 4. En el grupo que recibió STZ mostró un incremento significativo en índice de peroxidación lipídica (TBARS) (\* $p < 0.001$ ) comparado con el grupo control, mientras que el tratamiento con  $\beta$ -cariofileno disminuyó la peroxidación lipídica y esta disminución fue significativa (\* $p < 0.001$ ) al compararlo con el grupo que solo recibió STZ.

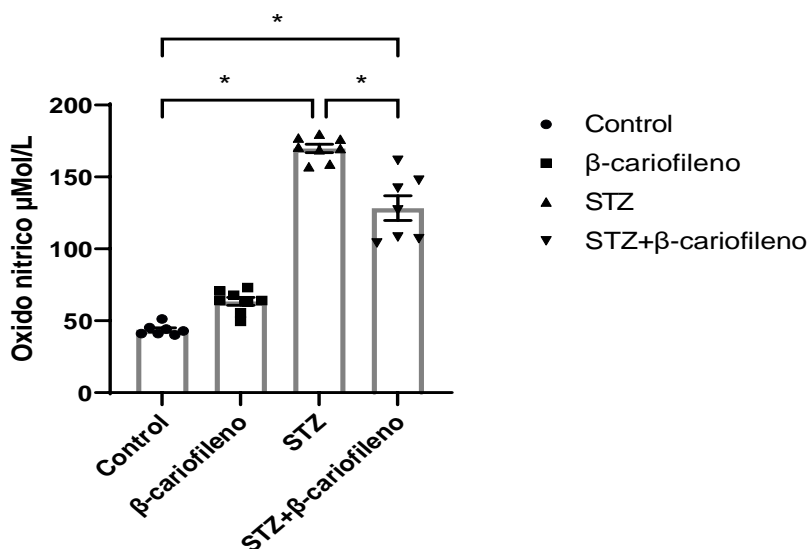




**Figure 4.** Efecto del  $\beta$ -cariofileno durante 4 semanas sobre la peroxidación de lípidos (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico; TBARS) en suero de ratones con hiperglicemia inducida por la administración de 160 mg/kg STZ. El grupo de control corresponde a ratones sanos; el grupo de  $\beta$ -cariofileno solo recibió 10 mg/kg de  $\beta$ -cariofileno; el grupo de STZ recibió solo STZ; el grupo de STZ +  $\beta$ -cariofileno recibió STZ y tratado con 10 mg/kg de  $\beta$ -cariofileno. Los datos están representados como la media  $\pm$  desviación estándar obtenidos de 5 ratones por cada grupo. \* $p < 0.001$ .

#### *Efecto del $\beta$ -cariofileno sobre los niveles de oxido nitrico*

En la figura 5 se muestra el efecto del  $\beta$ -cariofileno sobre los niveles de oxido nítrico en plasma de ratones con hiperglicemia inducida con STZ. La administración de STZ induce un incremento significativo en los niveles de oxido nítrico, mientras que al grupo tratado con  $\beta$ -cariofileno mostró una disminución en dichos niveles de oxido nítrico, siendo esta disminución significativa al ser comparada con el grupo que solo recibió STZ.



**Figura 5.** Efecto del  $\beta$ -cariofileno administrado durante 4 semanas sobre los niveles de óxido nítrico en suero de ratones con hiperglicemia inducida por la administración de 160 mg/kg STZ. El grupo de control corresponde a ratones sanos; el grupo de  $\beta$ -cariofileno solo recibió 10 mg/kg de  $\beta$ -cariofileno; el grupo de STZ recibió solo STZ; el grupo de STZ +  $\beta$ -cariofileno recibió STZ y fue tratado con 10 mg/kg de  $\beta$ -cariofileno. Los datos están representados como la media  $\pm$  desviación estándar obtenidos de 5 ratones por cada grupo. \* $p < 0.001$ .

## Discusión

El  $\beta$ -cariofileno es un sesquiterpeno bicíclico, es un metabolito secundario que pertenece al grupo de los terpenos y contribuye al aroma de los aceites esenciales principalmente de *Cannabis sativa*, así como de plantas como la canela (*Cinnamomum spp.*), el orégano (*Origanum vulgare L.*) y la pimienta negra (*Piper nigrum L.*) (Scandiffio, R., et al., 2020; Sharma, C., et al., 2016). A esta molécula se le han atribuido diferentes actividades farmacológicas como analgésica, antimicrobiana, antifúngica, antiinflamatoria y antioxidante (Youssef, D.A., et al., 2019).

En este trabajo se evaluó el efecto que tiene el  $\beta$ -cariofileno sobre el estrés oxidativo en un modelo de hiperglicemia inducido por STZ. En este estudio se demostró que el  $\beta$ -cariofileno tiene un efecto hipoglucemiante, así como un efecto antioxidante en el modelo de hiperglicemia inducido por STZ. La acción tóxica de la STZ implica su absorción por la célula, su toxicidad selectiva por las células  $\beta$  del páncreas se relaciona con la entrada a través del transportador de glucosa 2 en la membrana plasmática, lo que conduce a una la muerte de las células  $\beta$  por fragmentación del DNA, a través de tres diferentes mecanismos: I) Metilación del DNA a través de la formación de iones carbonio ( $\text{CH}^{3+}$ ); II) Producción de óxido nítrico y III) Generando

radicales libres (Eleazu, C. O., et al., 2013). En este estudio se observó que la administración de STZ altera la homeostasis de la glucosa mostrando una elevación en los niveles de glucosa en sangre en comparación con el grupo control sano, esta alteración puede ser debido al efecto toxico de la STZ sobre las células  $\beta$  del páncreas, esto datos están acorde con lo reportado en otros estudios (Renitta, R. E., et al., 2020; Surbala, L., et al., 2020). El grupo que se les administro el  $\beta$ -cariofileno durante 10 días mostraron una disminución significativa en los niveles de glucosa en sangre (figura 2). El  $\beta$ -cariofileno se le ha atribuido diferentes efectos farmacológicos asociados al CB2R, como cardioprotector, hepatoprotector, neuroprotector, nefroprotector, gastroprotector, quimiopreventivo, antioxidante, antiinflamatorio, inmunomodulador, así como en el metabolismo de la glucosa (Hashiesh, H. M., et al., 2021).

Algunos reportes han mostrado que el  $\beta$ -cariofileno tiene efecto sobre los niveles de glucosa e insulina, tras la administración oral de  $\beta$ -cariofileno disminuyó los niveles de glucosa y normalizó los niveles de insulina. También se ha observado una mejora en la prueba de tolerancia a la glucosa, manteniendo el mismo efecto sobre los niveles de glucosa en insulina (Basha, R. H., & Sankaranarayanan, C. 2014).

Por otro lado, el  $\beta$ -cariofileno promueve la secreción de insulina estimulada por glucosa en células- $\beta$  MIN6, este es efecto mediado por la activación del CB2R (Suijun, W., et al 2014). Estos resultados se suman a lo reportado previamente donde el  $\beta$ -cariofileno mejora la tolerancia a la glucosa así como su metabolismo en ratones con hiperglicemia inducida por STZ.

La propiedad antioxidante de  $\beta$ -cariofileno se evaluó sobre los niveles de catalasa, peroxidación de lípidos y óxido nítrico. El estrés oxidativo es la alteración entre el balance que existe entre los agentes pro-oxidantes y el sistema anti-oxidante del organismo. A este desbalance se le ha atribuido varios cambios celulares, entre ellos el incremento en la producción de especies reactivas de oxígeno (ERO), lo que activa la apoptosis en las células  $\beta$  del páncreas, produciendo niveles elevados de glucosa y estadios de hiperglicemia (Volpe, C., et al 2018).

La administración de STZ muestra un ligero incremento en la actividad de la catalasa, sin embargo este incremento no es significativo, así como el incremento que se observa cuando se da el tratamiento con el  $\beta$ -cariofileno, sin embargo, la peroxidación de lípidos como TBARS se incremento en el grupo de STZ, esto debido a que durante la hiperglicemia la glucosa reacciona con las proteínas para formar proteínas carboniladas lo que genera radicales que son reactivos, y generando así un incremento en la peroxidación lipídica. En el tratamiento con  $\beta$ -cariofileno los niveles de TBARS disminuyeron

significativamente, esto acorde con lo reportado previamente (Basha, R. H., & Sankaranarayanan, C., 2016).

También se ha demostrado que la administración de  $\beta$ -cariofileno disminuye los niveles de TBARS en hígado de ratas hipercolesterolémicas así como las ERO, lo que sugiere que se mejora el sistema de defensa antioxidante hepático (Baldissera, M. D., et al 2017).

Por otro lado, el NO es generado por la oxidación de la L-arginina a través de tres diferentes enzimas, siendo la iNOS la que genera cantidades elevadas de NO (Hosogi. S., et al 2008). En condiciones de hiperglicemia se eleva la producción de las ERO y se incrementa la expresión de iNOS, lo que conduce a un aumento en la producción de NO. La interacción de ERO y NO da como producto una mayor producción de especies reactivas de nitrógeno, como consecuencia se induce el estrés nitrosativo (Yang, P., et al., 2010). Nuestros resultados muestran un incremento significativo en los niveles de NO en el grupo de STZ, este incremento se debe principalmente a que la hiperglicemia induce a la iNOS en los islotes de las células de Langerhans, produciendo concentraciones elevadas de NO (Henningsson, R., et al., 2002), en este sentido, las células  $\beta$  son particularmente sensibles al daño que ejerce el óxido nítrico, así como, los radicales libres (Spinass G. A. 1999).

El tratamiento con de  $\beta$ -cariofileno en ratones a los que se les indujo hiperglicemia con STZ, los niveles de NO disminuyeron significativamente, este efecto se ha reportado *in vitro* donde células BV-2 de microglía estimuladas con LPS y tratadas con  $\beta$ -cariofileno mostrando una disminución en la producción de NO así como la expresión de la iNOS (Chang, H. J., et al., 2013).

## Conclusión

En este trabajo se demostró que la administración de  $\beta$ -cariofileno durante 4 semanas a una dosis de 10 mg/kg ejerce un efecto hipoglucemiante, logrando disminuir los niveles de glucosa en sangre de ratones con hiperglicemia inducida por STZ. Además, el  $\beta$ -cariofileno posee un efecto antioxidante, lo que se demuestra con la disminución en los niveles de TBARS así como el NO, lo que evita el estrés oxidativo y nitrosativo. En este sentido nuestros resultados demuestran que el  $\beta$ -cariofileno puede coadyuvar en el tratamiento de hiperglicemia así como el estrés oxidativo generado por esta condición.

## Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al **PRODEP** (Apoyo a profesores con perfil deseable) que financio esta investigación con el número de proyecto **258019**. Y a todos los autores que apoyaron esta investigación.

## References:

1. Akmaev, I. G., & Grinevich, V. V. (2001). From Neuroendocrinology to Neuroimmunoendocrinology. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine, REVIEWS*, 1, 15-23. <https://doi.org/10.1023/A:1017566226140>
2. Assmann, T. S., Brondani, L. A., Bouças, A. P., Rheinheimer, J., de Souza, B. M., Canani, L. H., Bauer, A. C., & Crispim, D. (2016). Nitric oxide levels in patients with diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Nitric oxide : biology and chemistry*, 61, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2016.09.009>
3. Baldissera, M. D., Souza, C. F., Grando, T. H., Doleski, P. H., Boligon, A. A., Stefani, L. M., & Monteiro, S. G. (2017). Hypolipidemic effect of  $\beta$ -caryophyllene to treat hyperlipidemic rats. *Naunyn-Schmiedeberg's archives of pharmacology*, 390(2), 215–223.
4. Basha, R. H., & Sankaranarayanan, C. (2014).  $\beta$ -Caryophyllene, a natural sesquiterpene, modulates carbohydrate metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Acta histochemica*, 116(8), 1469–1479. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2014.10.001>
5. Basha, R. H., & Sankaranarayanan, C. (2016).  $\beta$ -Caryophyllene, a natural sesquiterpene lactone attenuates hyperglycemia mediated oxidative and inflammatory stress in experimental diabetic rats. *Chemico-biological interactions*, 245, 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2015.12.019>
6. Brecht, D. S., & Snyder, S. H. (1994). Nitric oxide: a physiologic messenger molecule. *Annual review of biochemistry*, 63, 175–195. <https://doi.org/10.1146/annurev.bi.63.070194.001135>
7. Bryan, N. S., & Grisham, M. B. (2007). Methods to detect nitric oxide and its metabolites in biological samples. *Free radical biology & medicine*, 43(5), 645–657. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2007.04.026>
8. Chang, H. J., Kim, J. M., Lee, J. C., Kim, W. K., & Chun, H. S. (2013). Protective effect of  $\beta$ -caryophyllene, a natural bicyclic sesquiterpene, against cerebral ischemic injury. *Journal of medicinal food*, 16(6), 471–480. <https://doi.org/10.1089/jmf.2012.2283>
9. Chatziralli, I. P., Theodossiadis, G., Dimitriadis, P., Charalambidis, M., Agorastos, A., Migkos, Z., Platogiannis, N., Moschos, M. M., Theodossiadis, P., & Keryttopoulos, P. (2017). The Effect of Vitamin E on Oxidative Stress Indicated by Serum Malondialdehyde in Insulin-dependent Type 2 Diabetes Mellitus Patients with Retinopathy. *The open ophthalmology journal*, 11, 51–58. <https://doi.org/10.2174/1874364101711010051>

10. Diario Oficial de la Federación, NORMA Oficial Mexicana NOM-062-ZOO1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. 2001. Disponible en: <http://publico.senasica.gob.mx/?doc=743>. Accesado el 26 de Julio de 2019.
11. Eleazu, C. O., Eleazu, K. C., Chukwuma, S., & Essien, U. N. (2013). Review of the mechanism of cell death resulting from streptozotocin challenge in experimental animals, its practical use and potential risk to humans. *Journal of diabetes and metabolic disorders*, 12(1), 60. <https://doi.org/10.1186/2251-6581-12-60>
12. Hashiesh, H. M., Sharma, C., Goyal, S. N., Sadek, B., Jha, N. K., Kaabi, J. A., & Ojha, S. (2021). A focused review on CB2 receptor-selective pharmacological properties and therapeutic potential of  $\beta$ -caryophyllene, a dietary cannabinoid. *Biomedicine & pharmacotherapy*, 140, 111639.
13. Henningson, R., Salehi, A., & Lundquist, I. (2002). Role of nitric oxide synthase isoforms in glucose-stimulated insulin release. *American journal of physiology. Cell physiology*, 283(1), C296–C304. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00537.2001>
14. Hosogi, S., Iwasaki, Y., Yamada, T., Komatani-Tamiya, N., Hiramatsu, A., Kohno, Y., Ueda, M., Arimoto, T., & Marunaka, Y. (2008). Effect of inducible nitric oxide synthase on apoptosis in Candida-induced acute lung injury. *Biomedical research (Tokyo, Japan)*, 29(5), 257–266. <https://doi.org/10.2220/biomedres.29.257>
15. Ibrahim, A., Onyike, E., Nok, A. J., & Umar, I. A. (2017). Combined Effect on Antioxidant Properties of Gymnema Sylvestre and Combretum Micranthum Leaf Extracts and the Relationship to Hypoglycemia. *European Scientific Journal, ESJ*, 13(36), 266-281. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n36p266>
16. Jekl, V., Hauptman, K., Jeklová, E., & Knotek, Z. (2005). Blood sampling from the cranial vena cava in the Norway rat (*Rattus norvegicus*). *Laboratory animals*, 39(2), 236–239. <https://doi.org/10.1258/0023677053739774>
17. Klauke, A. L., Racz, I., Pradier, B., Markert, A., Zimmer, A. M., Gertsch, J., & Zimmer, A. (2014). The cannabinoid CB<sub>2</sub> receptor-selective phytocannabinoid beta-caryophyllene exerts analgesic effects in mouse models of inflammatory and neuropathic pain. *European neuropsychopharmacology : the journal of the European College of Neuropsychopharmacology*, 24(4), 608–620. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2013.10.008>

18. Lenzen S. (2008). The mechanisms of alloxan- and streptozotocin-induced diabetes. *Diabetologia*, 51(2), 216–226. <https://doi.org/10.1007/s00125-007-0886-7>
19. Mihailović, M., Arambašić Jovanović, J., Uskoković, A., Grdović, N., Dinić, S., Vidović, S., Poznanović, G., Mujić, I., & Vidaković, M. (2015). Protective Effects of the Mushroom *Lactarius deterrimus* Extract on Systemic Oxidative Stress and Pancreatic Islets in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Journal of diabetes research*, 2015, 576726. <https://doi.org/10.1155/2015/576726>
20. Pertwee, R. G., Howlett, A. C., Abood, M. E., Alexander, S. P., Di Marzo, V., Elphick, M. R., Greasley, P. J., Hansen, H. S., Kunos, G., Mackie, K., Mechoulam, R., & Ross, R. A. (2010). International Union of Basic and Clinical Pharmacology. LXXIX. Cannabinoid receptors and their ligands: beyond CB<sub>1</sub> and CB<sub>2</sub>. *Pharmacological reviews*, 62(4), 588–631. <https://doi.org/10.1124/pr.110.003004>
21. Phaniendra, A., Jestadi, D. B., & Periyasamy, L. (2015). Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Indian journal of clinical biochemistry : IJCB*, 30(1), 11–26. <https://doi.org/10.1007/s12291-014-0446-0>
22. Pieme, C. A., Tatangmo, J. A., Simo, G., Biapa Nya, P. C., Ama Moor, V. J., Moukette Moukette, B., Tankeu Nzufu, F., Njinkio Nono, B. L., & Sobngwi, E. (2017). Relationship between hyperglycemia, antioxidant capacity and some enzymatic and non-enzymatic antioxidants in African patients with type 2 diabetes. *BMC research notes*, 10(1), 141. <https://doi.org/10.1186/s13104-017-2463-6>
23. Pinti, M. V., Fink, G. K., Hathaway, Q. A., Durr, A. J., Kunovac, A., & Hollander, J. M. (2019). Mitochondrial dysfunction in type 2 diabetes mellitus: an organ-based analysis. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*, 316(2), E268–E285. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00314.2018>
24. Renitta, R. E., Narayanan, R., Cypriana, P. J., V. Samrot, A. V. (2020). Antidiabetic potential of methanolic extracts of *Sargassum wightii* in streptozotocin induced diabetic mice. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 28, 101763. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101763>
25. Samarghandian, S., Azimi-Nezhad, M., & Farkhondeh, T. (2017). Catechin Treatment Ameliorates Diabetes and Its Complications in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Dose-response : a publication of International Hormesis Society*, 15(1), 1559325817691158. <https://doi.org/10.1177/1559325817691158>
26. Scandiffio, R., Geddo, F., Cottone, E., Querio, G., Antoniotti, S., Gallo, M. P., Maffei, M. E., & Bovolín, P. (2020). Protective Effects

- of (*E*)- $\beta$ -Caryophyllene (BCP) in Chronic Inflammation. *Nutrients*, 12(11), 3273. <https://doi.org/10.3390/nu12113273>
27. Sharma, C., Al Kaabi, J. M., Nurulain, S. M., Goyal, S. N., Kamal, M. A., & Ojha, S. (2016). Polypharmacological Properties and Therapeutic Potential of  $\beta$ -Caryophyllene: A Dietary Phytocannabinoid of Pharmaceutical Promise. *Current pharmaceutical design*, 22(21), 3237–3264. <https://doi.org/10.2174/1381612822666160311115226>
28. Spinas G. A. (1999). The Dual Role of Nitric Oxide in Islet beta-Cells. *News in physiological sciences : an international journal of physiology produced jointly by the International Union of Physiological Sciences and the American Physiological Society*, 14, 49–54. <https://doi.org/10.1152/physiologyonline.1999.14.2.49>
29. Suijun, W., Zhen, Y., Ying, G., & Yanfang, W. (2014). A role for trans-caryophyllene in the moderation of insulin secretion. *Biochemical and biophysical research communications*, 444(4), 451–454. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2013.11.136>
30. Surbala, L., Singh, C. B., Devi, R. V., & Singh, O. J. (2020). Rutaecarpine exhibits anti-diabetic potential in high fat diet-multiple low dose streptozotocin induced type 2 diabetic mice and in vitro by modulating hepatic glucose homeostasis. *Journal of pharmacological sciences*, 143(4), 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.jphs.2020.04.008>
31. Viveros-Paredes, J. M., González-Castañeda, R. E., Gertsch, J., Chaparro-Huerta, V., López-Roa, R. I., Vázquez-Valls, E., Beas-Zarate, C., Camins-Espuny, A., & Flores-Soto, M. E. (2017). Neuroprotective Effects of  $\beta$ -Caryophyllene against Dopaminergic Neuron Injury in a Murine Model of Parkinson's Disease Induced by MPTP. *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland)*, 10(3), 60. <https://doi.org/10.3390/ph10030060>
32. Volpe, C., Villar-Delfino, P. H., Dos Anjos, P., & Nogueira-Machado, J. A. (2018). Cellular death, reactive oxygen species (ROS) and diabetic complications. *Cell death & disease*, 9(2), 119. <https://doi.org/10.1038/s41419-017-0135-z>
33. Yang, P., Cao, Y., & Li, H. (2010). Hyperglycemia induces inducible nitric oxide synthase gene expression and consequent nitrosative stress via c-Jun N-terminal kinase activation. *American journal of obstetrics and gynecology*, 203(2), 185.e5–185.e11.
34. Youssef, D. A., El-Fayoumi, H. M., & Mahmoud, M. F. (2019). Beta-caryophyllene alleviates diet-induced neurobehavioral changes in rats: The role of CB2 and PPAR- $\gamma$  receptors. *Biomedicine & pharmacotherapy*, 110, 145–154. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.11.039>





## Caractéristiques de production et de sécurité sanitaire du pain - Une revue

*Théodoric K. Bossou*

Laboratoire de Bioingénierie des Procédés Alimentaires (LABIOPA), Ecole de Nutrition et Sciences et Technologie Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n8p1](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p1)

Submitted: 03 October 2021  
Accepted: 24 January 2022  
Published: 28 February 2022

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

*Cite As:*

Bossou T.K.,(2022). Caracteristiques De Production Et De Securite Sanitaire Du Pain - Une Revue European Scientific Journal, ESJ, 18 (8), 129.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p129>

### Résumé

Le pain est un élément essentiel dans l'alimentation des hommes depuis des milliers d'années, et certainement plus ; de nos jours ; où les aliments transportables, prêts à consommer, sont omniprésents dans nos habitudes alimentaires. Il est fait essentiellement de farine de blé, de sel, de sucre, d'arômes et d'autres intrants optionnels comme les améliorants. Certains commerçants véreux utiliseraient des produits peu recommandables à la consommation pour accroître leur gain. Le bromate de potassium est souvent cité parmi ces améliorants indésirables. La présente étude avait pour objectif principal de comprendre le processus de production des pains à base de farine de blé, notamment les risques les avantages qu'ils comportent et à quel niveau. C'est une étude qualitative descriptive basée sur l'exploitation de documents existant sur le pain, et qui a abouti au fait que ce produit alimentaire de base a traversé les époques sans jamais vraiment changer de recette : farine, eau, sel et levure. La matière première de base, la farine de blé, importée par de nombreux pays comme le Bénin ; se distingue par son niveau de polissage, et donc sa teneur en cendres. Ces farines de blé sont riches en matières minérales mais pauvres en matières organiques. Le pain est le résultat de la cuisson de la pâte pétrie et fermentée Le processus de panification est structuré en une succession d'opérations unitaires que sont le pétrissage, le pointage, le pétrissage, le formage, l'apprêt, entrecoupées de phases "passives" que sont la fermentation et enfin la cuisson. La cuisson consiste à fixer la structure de la

pâte, préalablement établie au cours du pétrissage et la fermentation, par son exposition à une haute température (généralement 250°C). Au cours de l'étape de la cuisson, une série de transformations physiques, chimiques et biochimiques se produisent simultanément aboutissant au pain. Mais, les procédés de fabrication peuvent engendrer des défauts touchant l'aspect extérieur, le volume, l'aspect de la mie, l'odeur et la saveur. Par rapport à la qualité sanitaire, l'étude a montré que le pain peut contenir des micro-organismes divers et des substances chimiques qui le rendraient nocif au consommateur. Les circuits de transport et de manipulation qui caractérisent la chaîne de vente sont moins rassurants. En somme, le choix du pain devient de plus en plus difficile en raison des craintes de risques sanitaires pour les consommateurs que suscitent les pratiques de malfaçon dans les boulangeries et la qualité de la chaîne de distribution et ce, malgré les réglementations qui régissent le secteur.

---

**Mots clés :** Panification, Mie, Falsification, Altération

## **Bread Production and Health Safety Characteristics - A Review**

*Théodoric K. Bossou*

Laboratoire de Bioingénierie des Procédés Alimentaires (LABIOPA), Ecole de Nutrition et Sciences et Technologie Alimentaires, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

---

### **Abstract**

Bread has been an essential component of the human diet for thousands of years, and even more; nowadays as transportable and ready-to-eat foods are ubiquitous in our consumption habits.

It is made of wheat flour, salt, sugar, flavorings, and other optional inputs like improvers. Some crooked traders would use unsavory consumer products to increase their gain. Potassium bromate is often cited among these undesirable improvers. The main objective of this study is to understand the bread production process made from wheat flour, including the risks and benefits they entail and at what level. It is a qualitative study based on the use of existing documents related to bread, which led to the fact that this basic food product has gone through the ages without really changing its recipe: flour, water, salt, and yeast. The basic ingredient, wheat flour, imported by many countries such as Benin, is distinguished by its level of polishing, and therefore its ash content. These wheat flours are rich in minerals but low in organic matter. Bread is the result of cooking kneaded and fermented dough.

The bread-making process is structured in a succession of steps that are kneading, pointing, kneading, moulding, proofing, interspersed with "passive" phases that are fermentation and finally baking. Baking consists of fixing the structure of the dough, previously prepared during kneading and fermentation, by exposing it to a high temperature (generally 250°C). During baking, a series of physical, chemical, and biochemical transformations occur simultaneously resulting in bread. But, the manufacturing processes can cause defects affecting the appearance, the volume, the crumb, the smell, and the flavor. Regarding sanitary quality, the study showed that bread may contain various microorganisms and chemical substances that would make it harmful to the consumer. The transport and handling circuits that characterize the sales chain are less reassuring. Overall, the choice of bread is becoming more and more difficult due to fears of health risks for consumers caused by poor practices in bakeries and the quality of the distribution chain, despite the regulations governing the sector.

---

**Keywords:** Breadmaking, Crumb, Falsification, Alteration

## **Introduction**

L'utilisation des céréales par l'homme remonte à la plus haute antiquité. Ainsi, les céréales telles que le sorgho, le mil, le blé, le maïs et le riz sont des aliments de base pour la majorité de la population en Afrique. Les régimes alimentaires des peuples africains sont essentiellement basés sur des ressources d'origine végétale, notamment les céréales et les tubercules (Bokossa *et al.*, 2013). Ces céréales sont cultivées sur une surface de 98,6 millions d'hectares et produisent 162 millions de tonnes par an (Macauley & Ramadjita, 2015).

Selon plusieurs auteurs, les céréales subissent le plus souvent des transformations artisanales ou semi-industrielles avant d'être consommées (Bokossa *et al.*, 2013 ; Hounhouigan, 1994) ou pour servir d'ingrédients pouvant conduire à la préparation de certains autres produits alimentaires. Ces produits céréaliers, en particulier le pain, sont une source majeure de nourriture pour la race humaine depuis le début de la civilisation (Fardet *et al.*, 2006). Sur le continent africain, le niveau de vie évolue et le développement d'une nouvelle classe moyenne modifie considérablement les habitudes de consommation de la population (Adou *et al.*, 2013). Ces changements de la société influent sur le mode de vie des africains et les habitudes alimentaires de plus en plus orientées vers l'alimentation de rue ou des produits prêts à la consommation tel que le pain.

Ainsi, l'objectif de cette étude est de (i) comprendre les modes de fabrication du pain, (ii) d'en présenter la composition, et de (iii) présenter les

facteurs qui influent sur les caractéristiques et la qualité sanitaire de ce produit de consommation populaire.

La consommation du pain à base de la farine de blé au Bénin n'est pas documentée à notre connaissance. Et pourtant, tout comme dans beaucoup d'autres pays africains, le pain sous toutes ses formes, occupe une place essentielle dans l'alimentation des Béninois.

Au terme de la présente étude, les résultats nous donnent des informations variées et diverses, dont certaines font l'objet de grands risques sanitaires pour les consommateurs du pain. L'on distingue aux abords des voies des villes et agglomérations béninoises des pains dits « baguette », « batard » et « sucrés ». Dans les supers marchés, pâtisseries et restaurants, l'on peut voir des pains dits « spéciaux » parmi lesquels les pains viennois, les pains complets, les pains de seigle, les pains noirs et les pains enrichis au chocolat, au raisin ou autres ingrédients.

La fabrication du pain varie considérablement dans le monde entier, de même que les techniques de production. Les ingrédients de base sont la farine de céréales, l'eau, la levure ou un autre agent de levage et le sel (Martin, 2004 ; Sluimer, 2005 ; Sahu *et al.*, 2016). Présentant habituellement une croûte brunâtre, croquante et attrayante, le pain peut parfois avoir des défauts qui touchent surtout les propriétés organoleptiques qui constituent un véritable handicap pour le boulanger. Ces problèmes de non-qualité touchent notamment l'aspect extérieur du pain, son développement, son volume, l'aspect de la mie, l'odeur et la saveur du pain (Sahu *et al.*, 2016). De diverses origines, ces défauts sont liés non seulement à la qualité des ingrédients utilisés lors de la panification mais aussi aux paramètres technologiques au cours de la production du pain (Forsythe & Hayes, 1998). Il est nécessaire, en se référant aux caractéristiques de qualité des produits alimentaires, de considérer leur sécurité sanitaire comme une condition préalable (Emeje *et al.*, 2010). Dans ce cadre, il existe actuellement un système de sécurité sanitaire des aliments (HACCP) initié dans le cadre des projets « Apollo » et appliqué par de nombreuses institutions et agences de réglementation pour s'assurer que toutes les étapes d'un processus de fabrication de denrées alimentaires préservent des dangers potentiels pour la santé des consommateurs (Forsythe, & Hayes, 1998). Ce système HACCP est utilisé pour contrôler et maîtriser l'apparition dans un processus de fabrication de denrées alimentaires de dangers physiques, chimiques ou biologiques (Khandke *et al.*, 1998). Il implique une étude systématique de la matière première, des ingrédients, des conditions de fabrication, de la manutention, du stockage, de l'emballage et de la distribution des produits finis de même que son utilisation finale (Sahu *et al.*, 2016). Par ailleurs, les consommateurs s'attendent généralement à des produits présentant une qualité et des caractéristiques sensorielles satisfaisantes. Cependant ; les aspects de qualité sanitaire sont beaucoup moins

pris en compte (Bossou *et al.*, 2021). De plus, les ingrédients utilisés et la technologie de production du pain ne garantissent pas toujours une maîtrise des sources de risques et une minimisation de leurs impacts sur la qualité sanitaire du produit final le pain.

Ainsi, l'objectif de cette étude qualitative est (i) de comprendre les modes de fabrication du pain, (ii) d'en présenter la composition ; (iii) de présenter les facteurs qui influent sur les caractéristiques et la qualité sanitaire de ce produit de consommation populaire.

## **Methodologie**

Les articles retenus ont été sélectionnés à partir des bases de données Cairn info (<https://www.cairn.info/>) et Google Scholar (<https://scholar.google.com/>), sans limite sur la période 2016 à 2021, en utilisant les mots clés comme « pain à base du blé » ; « préparation du pain » ; « qualité du pain » ou « risques liés au pain ». Des rapports de projets, des magazines et des textes réglementaires ont été également consultés. Les articles les plus récents reliés aux items de recherche ont été explorés. Puis la décision de retenir l'article en question a été basée sur la qualité de la méthodologie, la pertinence de la problématique et la description des biais potentiels. Au total, une soixantaine d'articles décrivant des études effectuées dans divers pays de 1974 à 2021 ont été sélectionnés.

## **1. Matières Premières Et Ingrédients De Fabrication Du Pain**

Au Bénin, la farine de blé, principale matière première du pain et importée de plusieurs pays, est associée à de l'eau, du sel et de la levure pour obtenir du pain dans les boulangeries.

Selon Feillet (2000), les matières premières et ingrédients essentiels utilisés pour fabriquer le pain sont la farine de blé, les agents de fermentation (levure), l'eau, le sel et éventuellement divers autres additifs et auxiliaires de fabrication comme les matières grasses.

### **1.1. La farine**

La farine est la principale matière première dans la fabrication du pain, car elle module les caractéristiques spécifiques des produits de boulangerie (Feillet, 2000). Parmi les farines de céréales, celle du blé est unique dans sa capacité à former de la pâte panifiable lorsqu'elle est mélangée à de l'eau, car les pâtes de blé ont la capacité unique de conserver le gaz produit lors de la fermentation (Hutkins, 2006). La composition spécifique de la farine est très importante à cause de son influence majeure sur la fermentation aussi bien que sur la structure physique de la pâte et du pain final (Hutkins, 2006). Historiquement, l'obtention de la farine de blé débute par un nettoyage du grain qui est ensuite tamisé et stocké dans des silos à grains (Sajot, 2008). Les grains sont pilés, ce

qui les fait éclater. Le son est mis de côté et le reste est moulu à l'aide d'une auge à deux compartiments et d'une grosse pierre ; les grains sont disposés dans le compartiment supérieur, et, par frottement de la pierre sur les grains, on obtient une farine qui s'écoule dans le compartiment inférieur. Pour obtenir une farine plus fine, on fait préalablement sécher les grains au soleil ou on les torréfie avant de les moudre (Sajot, 2008). Le grain de blé se compose de protéines, d'amidon et d'autres glucides, des cendres, des fibres, des lipides, de l'eau et de petites quantités de vitamines, de minéraux et d'enzymes (Hutkins, 2006). Le tableau 1 présente la composition chimique du blé, des farines et des produits de mouture du blé.

GLUCIDES									
Constituants	% du grain	Teneur en eau	Matières minérales	Protides	Lipides	Assimilables par la levure		Non assimilables	Vitamines
						Sucres pré-existants	Amidon endommagé	Cellulose + Pentosane	
Blé entier	100	12-16	1,5-2	10-15	2-2,5	2-3	60-70	2,5+6	B1, B2, PP, E, C
Germe	0,3-0,5	14-15	5-6	30	8	-	20	4+10	B1, B2, PP, E, C
Grossons	8	-	6	16-18	2,5	-	15	12+35	B1, B2, PP
Sons fins	10	-	5	17-19	3,5	-	20	10+32	B1, B2, PP
Remoullages	4	-	4	15-20	4	-	25	6+25	B1, B2, PP
Farine basse	3	13-15	2	13-18	3	-	55	1+8	B1, B2, PP
Farine T.55	75	<16	0,55	9,0-14 10,5-17,5	1,5-2	1,5-2	55-65 +10-15	0+3 0+(1 à 2)	B1, B2, PP, E

**Tableau 1** : Composition chimique du blé, des farines et des produits de mouture du blé  
**Sources** : Guinet (1992) ; Hutkins, (2006)

### 1.1.1. Les différents types de farines de blé ou leur répartition en fonction de la teneur en cendres

En France, d'après le décret N°63-720 du 13 juillet 1963, le taux de cendres définit les types commerciaux des farines. Les farines de blé contiennent des matières minérales provenant de leur son (l'enveloppe du grain). Lorsque de la farine de blé est incinérée à 900°C, tout est détruit sauf

les résidus minéraux sous forme de cendres. Plus le taux de cendres est élevé, moins la farine sera blanche et plus le numéro du type de farine sera élevé. Les farines ayant un taux de cendres élevé sont donc moins blanches en raison de richesse en sons et inversement (Buche, 2011).

Il existe six types de farines de blé (Godon, 1991) issues du blé le moins poli au blé le plus poli ; avec pour différences fondamentales, la couleur de la farine et sa teneur en cendres. La farine de type 45 est la plus pure, la plus blanche et elle est issue de blé densément poli avec une grande perte d'éléments nutritifs et à l'inverse la farine de type 150 dite complète ou intégrale, de couleur brune ; provient du blé non poli et contient toutes les parties du grain de blé avec ses minéraux et vitamines (B et E essentiellement).

La qualité de farine de blé la plus commercialisée est de type 55 et correspond à un taux de cendres compris entre 0,5 et 0,6 %, soit un résidu minéral compris entre 0,5 et 0,6 g après incinération de 100 g de farine humide (Tableau 2).

**Tableau 2** : Différents types de farines de blé en fonction du taux de cendres

Type de farines	Dénomination	Taux de cendres de la farine de matières sèches) (%)
Farines blanches	Type 45	< 0,5%
	Type 55	0,5 à 0,60%
	Type 65	0,62 à 0,75%
Farine brise	Type 80	0,75 à 0,90%
	Type 110	1 à 1,20%
Farines complètes	Type 150	> 1,40%

Source : (Godon, 1991)

Dans leur utilisation, (i) la farine de blé de type 45 sert dans la pâtisserie ; (ii) la farine de blé de type 55 est de la farine blanche ordinaire destinée aux pains blancs, aux pâtes à tarte et aux pizzas ; (iii) la farine de blé de type 65 est utilisée pour des pains spéciaux et quelques pizzas ; (iv) le type 80 est de la farine bise ou semi-complète utilisée pour les pains spéciaux ; (v) le type 110 est de la farine complète utilisée pour des pains bis et des pains complets et enfin (vi) la farine de type 150 dite intégrale est utilisée pour du pain au son.

### 1.1.2. Les glucides dans la farine de blé

Les glucides représentent 80% des constituants de la farine, certains sont sous forme d'oligosides (1%) ; les autres sont des polyosides dont l'amidon (95% des glucides totaux), les arabinosylanes et les arabinogalactanes (2,5% des glucides totaux) (Atwell & al, 2016)

#### □ L'amidon

L'amidon est un composé présent dans la farine sous forme de granules plus ou moins endommagés (Buche, 2011), de formes sphériques ou lenticulaires de 2 à 25 µm et contenant deux types de polysides que sont l'amylose (26-28%) et l'amylopectine (72-74%). A température ordinaire et mis en suspension dans l'eau, l'amidon natif, insoluble, peut fixer 40 % de son poids en eau. Si on élève la température, cette quantité d'eau fixée augmente. Lorsque la température dépasse 55-65 °C, l'amidon gélatinise (état désorganisé) et forme un empois. Cela ne se traduit pas une augmentation de la viscosité du milieu.

#### □ **Les amidons endommagés**

Ce sont des granules d'amidon qui ont perdu leur intégrité au cours de la mouture. Ils sont sensibles à l'action de la  $\beta$ -amylase et peuvent absorber 2 à 4 fois leur poids en eau (Bock, 2000). L'endommagement des granules d'amidon présente un intérêt grandissant pour le secteur de la boulangerie et de la meunerie (Christiane & al, 1974). Le meunier joue sur le conditionnement du grain avant mouture et sur le nombre et le serrage des cylindres mis en œuvre (plus le rapport de vitesse entre les cylindres est élevé, plus l'endommagement de l'amidon est important), les variétés de blés étant elles-mêmes plus ou moins friables (Blé « soft » ou « hard ») ; (Christiane & al, 1974). Pour cette raison, des procédés de broyage par attrition ont été développés dans le but d'augmenter la quantité d'amidon endommagé. Par ailleurs, le gain d'hydratation provenant de la présence de granules d'amidon endommagés diminue la température de transition vitreuse de l'amidon (Feillet, 2000). En plus des deux polysides contenus dans l'amidon, il existe les pentosanes qui sont présents dans les parois cellulaires des différents tissus du grain de blé. Ils représentent 1 à 3 % de l'extrait sec de la farine (Bock, 2000).

#### **1.1.3. Les protéines (gluten) dans la farine de blé**

Les protéines sont inégalement réparties entre les différentes couches histologiques du grain, la teneur en protéines de l'albumen étant inférieure d'environ d'un point à celle du grain. Cette teneur en protéines dépend de la variété et des conditions de développement du grain (climat, alimentation en eau et en fertilisation azotée). Les protéines sont classées en quatre grands groupes suivant leur solubilité (Don *et al.*, 2003a). De manière générale, on considère que les protéines insolubles dans l'eau présentent certaines caractéristiques technologiques essentiellement liées à leur hydrophobicité (Feillet, 2000). Ces protéines insolubles ont une faible teneur en acides aminés ionisables et sont riches en acides aminés hydroxylés et en glutamine, facilitant la formation de liaisons hydrogène à l'origine des propriétés



d'adhésion et de cohésion du gluten (Levavasseur, 2007). Ces protéines sont également riches en acides aminés apolaires permettant l'agrégation aux lipides et glycolipides par l'intermédiaire d'interactions hydrophobes. Enfin, elles sont capables de former des ponts disulfures intermoléculaires entraînant l'association de gluténines de haut poids moléculaire pour former un macropolymère de gluténine (Don *et al.*, 2003a ; Don *et al.*, 2003b ; Don *et al.*, 2005).

Les propriétés viscoélastiques particulières de la pâte de blé sont le résultat de la présence du réseau tridimensionnel de protéines de gluten, qui est formé par des réactions d'échange de thiol-disulfure parmi les protéines de gluten (Fardet *et al.*, 2006). Dans de nombreux cas, les farines provenant de variétés dures, avec une teneur en protéines de 12 à 14 %, sont recommandées pour la panification (Lopez *et al.*, 2004), bien que la cuisson classique soit effectuée avec des farines contenant 11 % de protéines (Christian & *al.*, 2015). Les recommandations européennes suggèrent des farines avec 12,5 % de protéines contenant 30 % de gluten (Leenhardt *et al.*, 2005) et en cas de besoin, du gluten vital peut être utilisé pour améliorer cette teneur en protéines (Sahu *et al.*, 2016 ; Wang & *al.*, 2003).

#### **1.1.4. Les lipides dans la farine de blé**

Les principales matières grasses du blé sont des acides gras, des glycérides, des glycolipides et des phospholipides. Elles sont inégalement réparties dans le grain ; le germe et la couche à aleurone en sont particulièrement riches. De ce fait, la composition en lipides de la farine dépend des conditions de mouture et de son taux d'extraction (Bram & *al.*, 2011). Les lipides de la farine exercent un rôle important sur le volume du pain (interactions lipides-protéines). Selon plusieurs auteurs (Buche, 2011 ; Don *et al.*, 2005), les lipides sont importants aussi bien dans la conservation de la farine que lors de la structuration de la pâte. Ce sont des composés minoritaires de la farine (de 1,5 à 2 % par rapport à la masse de matière sèche) répartis en deux catégories, ceux extractibles à l'éther de pétrole, et ceux qui ne le sont pas (Bock, 2000).

#### **1.1.5. Les matières minérales dans la farine de blé**

Les matières minérales sont en très grande quantité dans les sons (Bouhadi & *al.*, 2020). Par opposition à la matière organique, les éléments minéraux ne sont pas combustibles (Buche, 2011). La détermination de la teneur en matières minérales, par combustion de la farine, permet de préjuger de la pureté de la farine et de définir, de manière réglementaire, différents types de farines (Bouhadi & *al.*, 2020).

#### **1.1.6. Les vitamines et oligoéléments dans la farine de blé**

Les vitamines et oligoéléments présents essentiellement dans les couches périphériques du grain et dans le germe sont des substances nutritionnelles (Don *et al.*, 2005). Les vitamines sont fragiles à la chaleur et donc en partie détruites pendant la fabrication du pain (Bock, 2000).

## **1.2. Les agents de fermentation**

### **1.2.1. La levure**

La levure de boulangerie est un champignon microscopique unicellulaire, qui a la particularité de vivre selon deux modes de respiration de pouvoir : en présence ou en absence d'air pour produire de l'eau, du dioxyde de carbone et de l'énergie ; ou en absence d'air pour produire de l'alcool éthylique, de dioxyde de carbone et de l'énergie par fermentation (Delphine S. & *al.*, 2016). Elle se nourrit de glucose (principalement) et de fructose.

Cette levure métabolise les sucres cibles fermentés (glucose, fructose, saccharose et maltose) dans des conditions anaérobies, produisant du dioxyde de carbone en tant que produit de rebut, lequel agit comme agent de levage et améliore le volume de la pâte. Les savoir-faire des levuriers interviennent donc pour une grande part dans la qualité et le goût du pain (Hutkins, 2006). La levure soutient également le réseau de gluten et la production de composés aromatiques (Buche, 2011). D'autres groupes de levure peuvent être employés pour des applications boulangères très spécialisées (*Saccharomyces rosei* et *Saccharomyces rouxii* pour les pâtes très sucrées par exemple), (Delphine S. & *al.*, 2016).

### **1.2.2. Le levain**

Un levain est une pâte composée de farine de blé ou/et de seigle, d'eau, soumise à une fermentation naturelle acidifiante qui se fait à partir des levures sauvages et de bactéries. C'est un agent naturel dont l'activité fermentescible (lactique) est significative pour assurer le développement et la levée du pain (Dellaye & *al.*, 1994).

Le levain avec sa fermentation lactique est plus recommandé dans la panification des farines complète, riches en oligoéléments issus du son (Richard, 2005).

### **1.2.3. La poolish**

La poolish est une pâte préfermentée particulière préparée sur 3 à 12 heures avant la panification et se compose d'eau et de farine (en quantités égales) et de levure (Richard R., (2005). Au cours de cette préfermentation, les arômes de la farine se développent, ce qui donnera un superbe goût au pain ! Avec cette méthode, on utilise moins de levure sur le pain puisqu'il y a eu une pré-fermentation (Buche, 2011).

#### **1.2.4. La levure chimique**

Les poudres à lever encore appelées levures chimiques sont interdites en panification (Dellaye & *al*, 1994). Constituées essentiellement de bicarbonate de soude et acide tartrique, elles provoquent, en présence d'eau un dégagement de gaz carbonique servant à faire gonfler les pâtes en pâtisserie. La levure chimique fait seulement intervenir des réactions chimiques de type acide-base. Elles donnent des galettes insipides, peu levées et indigestes (Richard, 2005).

Tant que la poudre reste sèche, la réaction ne démarre pas. Lorsqu'elle est humidifiée, l'acide réagit avec le bicarbonate de sodium et un dégagement de gaz carbonique se produit, ce qui fait gonfler la pâte : il n'y a pas de fermentation proprement dite (Barbigant *et al.*, 1997). Il faut alors la cuire sans tarder.

#### **1.3. L'eau**

L'eau est nécessaire à la préparation de la pâte (environ 30 g à 40 g d'eau pour 100 g de farine) et est responsable de sa fluidité (Hutkins, 2006). En panification, l'eau provoque le gonflement des grains d'amidon et l'assouplissement du gluten. Elle est nécessaire à l'activité des levures (autrement dit au développement de la fermentation panaire), (Chancelle B. N., 2015). Elle est utilisée pour la dissolution du sel et des sucres et aide à la dispersion des cellules de levure. L'eau est nécessaire pour l'hydrolyse de l'amidon et du saccharose. Elle est importante pour la gélatinisation d'amidon lors de la cuisson. L'eau ajoutée à la farine active les enzymes, entraîne la formation de nouveaux liens entre les macromolécules dans la farine et modifie les propriétés rhéologiques de la pâte (Cauvain & Young, 2007).

La quantité d'eau ajoutée est liée à la teneur en humidité et aux propriétés physico-chimiques de la farine (Cauvain & Young, 2007 ; Gil *et al.*, 1997 ; Hutkins, 2006). L'effet positif de l'hydratation des pâtes est l'amélioration du moelleux de la mie de pain et une meilleure aptitude à la conservation. On constate de plus, un alvéolage plus irrégulier. Mais les pâtes molles (très hydratées) sont plus difficiles à travailler (collant, fragilité et moins bonne plasticité). La qualité de l'eau peut aussi avoir une influence sur le comportement des pâtes, notamment sur l'activité fermentative et la prise de force.

Dans la réglementation française de la prévention des risques et de la protection de l'environnement, le décret N°89-3 du 03 janvier 1989 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine (à l'exclusion des eaux minérales naturelles) prescrit que l'eau destinée à la consommation humaine doit être exempte d'organismes parasites ou pathogènes, ne doit avoir ni coloration, ni turbidité, ni pouvoir colmatant dépassant des normes fixées ; sa minéralisation totale ne doit pas excéder 2g/L ; elle ne doit pas présenter des concentrations en substances toxiques supérieures à celles fixées par l'OMS.

Une eau trop douce pénalise la ténacité tandis qu'une eau trop dure pénalise l'extensibilité, ce qui, au niveau du goût du pain, peut se révéler indirectement négatif (François J., 2010). La température à laquelle l'eau est utilisée intervient également. Elle est déterminée en fonction de la température du local et de celle de la farine de sorte que la pâte atteigne environ 25°C (Toffalori, 1993). Si l'eau est trop froide, la pâte manquera de force, la fermentation sera ralentie et le pain sera peu levé. Par contre, si l'eau est trop chaude, la pâte aura trop de force et la croûte du pain sera terreuse et terne (Chancelle B. N., 2015)

#### **1.4. Le sel**

Depuis la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, le sel est d'usage courant et fait partie intégrante de la pâte destinée à la panification (Brabant C., 2007). Le sel est un inhibiteur des activités enzymatiques ; incorporé en début de pétrissage, il ralentit l'activité des oxydases. Le sel employé est du chlorure de sodium (NaCl), dont le taux normal d'addition est de 2 g pour 100g de farine (Hutkins, 2006). Par ailleurs, lorsque le sucre est inclus, et spécifiquement avec une dose élevée, la concentration du sel peut être réduite à 1 % (Cauvain & Young, 2007). Le sel est donc considéré comme un ingrédient avec un rôle fonctionnel dans la production des pains.

#### **1.5. Le sucre**

En panification, les effets du sucre interviennent à plusieurs niveaux : au pétrissage où il agit sur les qualités plastiques de la pâte, à la fermentation où il joue un rôle déterminant sur l'activité de la levure, et enfin, à la cuisson où il intervient sur la coloration, la tenue et le volume des pains (Zhou *et al.*, 2002).

Les sucres sont normalement utilisés par la levure pendant les premiers stades de la fermentation. Plus tard, plus de sucres sont libérés pour la production de gaz par l'action des enzymes dans la pâte. Dans certains cas, du sucre supplémentaire peut être ajouté pour augmenter la production de gaz, améliorer la couleur de la croûte et adoucir le pain. Les sucres agissent également comme antiplastifiants retardant le collage de l'amidon natif ou fonctionnent comme des ingrédients anti-rassissement inhibant la recristallisation de l'amidon (Zhou *et al.*, 2002).

#### **1.6. La matière grasse**

Les lipides peuvent être utilisés dans la fabrication du pain sous forme de graisses ou d'huiles et sont généralement appelés des raccourcissants (Bram *et al.*, 2011).

Les lipides endogènes et les graisses ajoutées jouent un rôle important lors de la panification et de l'étalement du pain (Collar *et al.*, 1998). Ils sont un ingrédient facultatif du pain mais peuvent améliorer la manipulation de la pâte et l'aspect de la mie et contribuer à la saveur du produit (Stauffer, 1996).

## 2. Les Etapes De Production Et Leur Role Dans La Fabrication Du Pain

Le pain est le résultat de la cuisson d'une pâte pétrie et fermentée (Fetouhi, 2014). Le processus de panification est structuré en une succession d'opérations unitaires. La fabrication se résume en ces étapes "actives" dont le pétrissage (mise en forme) entrecoupées de phases "passives" que sont la fermentation, la cuisson et le ressuage (Fetouhi, 2014 ; Touyarou, 2011).

### 2.1. Le Pétrissage

C'est l'étape la plus importante du processus de fabrication de pain. Elle est considérée comme l'étape clé permettant la fabrication d'une pâte lisse, homogène, tenace et viscoélastique (Millar, 2006). Durant cette étape, la pâte est soumise à des forces intenses d'extension, de compressions et de cisaillement (Feillet, 2000). La pâte va subir à la fois une déformation rotationnelle et élongationnelle ainsi qu'une rupture (Jongen *et al.*, 2003 ; Fetouhi, 2014). La bonne conduite de cette première étape conditionne en effet la qualité du produit fini. La pâte est produite lorsque tous les ingrédients de la formule, introduits dans une séquence souhaitable, sont mélangés ensemble pendant une certaine durée pour obtenir une masse. Les principaux objectifs du pétrissage peuvent être regroupés en trois catégories (Autio & Laurikainen, 1997) :

- L'homogénéisation qui permet la distribution uniforme et le contact intime des différents ingrédients de la pâte notamment les particules de la farine et l'eau.
- Le développement mécanique d'un réseau du gluten homogène au sein duquel les granules de l'amidon sont dispersés (Don *et al.*, 2005, Mehta *et al.*, 2009).
- L'aération de la pâte par l'incorporation de l'air sous forme de micronucléosphériques. La présence de ces microbulles d'air permet la diffusion du gaz carbonique produit par les levures au cours de la fermentation, favorisant ainsi la bonne structuration alvéolaire de la mie du pain (Mehta *et al.*, 2009, Pareyt *et al.*, 2011).

Lorsque la pâte est mélangée à une quantité d'eau insuffisante, les protéines de gluten deviennent stressées, peu de liaisons disulfures sont brisées pour former des radicaux thyle et les protéines de gluten sont partiellement dépolymérisées ; ce qui entraîne une plus grande solubilité et une diminution de l'extractibilité des lipides (Demiralp *et al.*, 2000 ; Touyarou, 2011).

### 2.2. Le pointage

Le pointage est le fait de laisser la pâte encore en masse quelques minutes en vue d'une 1<sup>ère</sup> fermentation. Le temps de pointage peut durer de

quelques minutes à une heure et demie (Touyarou, 2011). Il est plus long lorsque la pâte est douce (très hydratée), en l'absence d'additif, en présence de quantités de levures réduites ou de temps de pétrissage raccourci. Le temps de pointage est donc en relation directe avec la méthode de pétrissage choisie et sert à pallier le manque (dans le pétrissage traditionnel) ou l'excès (dans le pétrissage intensifié) de force de la pâte (Macauley & Ramadjita, 2015).

Les effets de la fermentation panairaire ne se résument pas à un simple gonflement de la pâte. En effet, au cours du pointage, trois phénomènes importants se produisent simultanément :

- Les propriétés rhéologiques de la pâte se modifient. Les caractéristiques mécaniques de la pâte sont donc largement dépendantes de cette étape (Masytattard, 1989 ; Toffalori, 1993).
- Quelques minutes après la fin du pétrissage, tout l'oxygène de l'air emmagasiné est consommé et le métabolisme fermentaire prend le relais (Zhou *et al.*, 2002). La pâte commence à lever (à pousser).
- De nombreux composés volatils, précurseurs d'arômes responsables de la flaveur du pain, apparaissent. L'arôme caractéristique des pains fermentés au levain est dû principalement à la production d'acides lactique et acétique par les bactéries lactiques et à leur activité protéolytique (Guinet, 1994 ; Fetouhi, 2014).

### **2.3. Le Formage**

Le formage est la division de la pâte massive en pâtons de poids égal. Il interrompt la première fermentation. Cette étape est nécessaire pour assurer un poids de pain uniforme pour la vente. Mais, l'opération mécanique, assez brutale et rapide, entraîne une perte de souplesse de la pâte voire une dégradation de la structure formée au cours des étapes précédentes. C'est pourquoi, le divisage est presque toujours suivi d'un boulage, qui permet de reconstituer cette structure (Luc & al, 2012).

### **2.4. L'apprêt**

C'est la deuxième période de fermentation qui débute dès que le pâton est façonné et se termine à la mise au four.

Durant l'apprêt, les pains sont maintenus dans une étuve sans subir aucun traitement mécanique. On optimise la fermentation en maintenant une température constante de 24 à 25 °C, ce qui garantit une humidité ambiante élevée des pâtons. En effet, durant cette phase, il est nécessaire d'éviter le dessèchement en surface des pâtons (croûtage), car celui-ci gêne leur bon développement (Macauley & Ramadjita, 2015).

C'est la dernière phase de repos pendant laquelle les pains se développent pour atteindre un volume jugé optimal : environ trois fois leur volume initial au formage. A ce stade, les levures jouent pleinement leur rôle d'agent de levée par métabolisme des sucres libérés par l'amidon et les

amylases. La levure fonctionne alors selon le mode fermentaire et génère ainsi du gaz carbonique et de l'alcool (Sajot, 2008).

## 2.5. La Cuisson

La cuisson consiste à fixer la structure de la pâte, préalablement établie au cours du pétrissage et la fermentation, par son exposition à une haute température (généralement 250 °C) (Fetouhi, 2014 ; Touyarou, 2011). Au cours de l'étape de la cuisson, une série de transformations physiques, chimiques et biochimiques se produisent simultanément aboutissant au pain (Sablani *et al.*, 2002).

En effet, les principales transformations sont l'expansion de volume du produit, la perte d'eau par évaporation, la formation d'une structure alvéolaire plus ou moins développée, la dénaturation des protéines (diminution de solubilité due à l'agrégation des protéines par le renforcement des interactions avec l'augmentation de la température de la cuisson), la gélatinisation de l'amidon, le brunissement non enzymatique (réaction de Maillard) responsable de la couleur et de l'odeur du produit fini et puis tout ce qui concerne la formation de la croûte (la réticulation des protéines, la fusion des cristaux de graisse, la rupture des cellules gazeuses et parfois la fragmentation des parois cellulaires) (Fetouhi, 2014 ; Mondal & Datta., 2008, Sablani *et al.*, 2002).

La panification est donc l'ensemble des étapes de la fabrication du pain, ponctué par des épisodes actifs (périodes de préparation et de travail de la pâte) et des épisodes passifs (périodes pendant lesquelles la pâte "travaille seul", se repose, fermente ou cuit), (Inoue & *al.*, 1992).

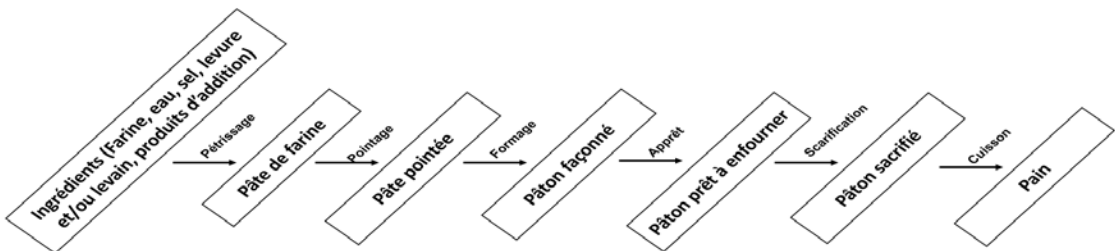


Figure 1 : Procédé de fabrication du pain (Zhu *et al.*, 2008)

## 3. Les Defauts De Fabrication Du Pain

Lorsqu'une fabrication est terminée, le boulanger peut éventuellement constater des défauts sur les pains et qui peuvent toucher les propriétés organoleptiques, l'aspect extérieur, le développement, le volume, l'aspect de la mie, l'odeur et la saveur du pain. En règle générale, tous les défauts peuvent être évités par une bonne anticipation au cours des fabrications, en appliquant certains principes de base notamment la rigueur quant au respect des températures, des durées de pétrissage, de fermentations, et la bonne

connaissance du métier ainsi qu'une aptitude à apprécier la qualité de la pâte par le toucher, la vue, et d'une façon plus générale par les cinq sens.

### **3.1. L'aspect extérieur du pain**

On parle de couleur anormale quand la croûte reste pâle ou rougit, ou plus rarement quand elle est terreuse (Lopez *et al.*, 2002). Les pains pâles, encore appelés "durs à la couleur", sont issus d'une farine fabriquée à partir de blé pauvre en sucre et en diastases en raison d'un taux d'extraction trop faible (Tounian, 2012). On peut alors y remédier en ajoutant des blés exotiques ou 0,15 à 0,2% de farine maltée au mélange (Fardet *et al.*, 2006). Le boulanger qui enfourne à feu trop doux peut connaître ce problème lorsque sa pâte exagérément fermentée contient une quantité excessive de levain ou si la dose de sel est insuffisante. Mais ces incidents sont très rares. Les pains qui rougissent se colorent rapidement. Le boulanger peut en être responsable si son eau de coulage est trop chaude ou s'il cuit une pâte dont le pointage est insuffisant (Jean, 1979).

### **3.2. Le développement et le volume**

L'aspect des pains lourds et des pains mal développés n'est pas désagréable mais leur volume est inférieur à la normale (Leenhardt *et al.*, 2005). Lorsqu'on les soupèse, une impression de lourdeur se dégage, c'est pourquoi on parle de pains lourds. Ce défaut provient essentiellement de la farine : blés au gluten à chaînes courtes, taux d'extraction trop faible ; farine mal équilibrée ou farines vieilles ou étuvées (Dellaye & *al.*, 1994)

### **3.3. L'aspect de la mie**

La couleur grise est un critère de qualité très important du pain (Leenhardt *et al.*, 2005). Les blés sont à l'origine de ce défaut, quand ils sont boutés ou charbonnés ; trop vieux ; altérés ou exotiques. Un blé insuffisamment nettoyé ou une mauvaise technique de mouture peuvent contribuer à l'apparition de cet état. La mie grisâtre peut également être issue de l'utilisation d'un levain trop vieux et acide ou d'une eau chaude (Tounian, 2012). Cependant, une texture serrée sera considérée, selon les régions, comme un défaut ou une qualité mais elle se doit d'être toujours souple et fine. Ainsi, la mie ne sera dite imparfaite que lorsque les parois qui séparent les alvéoles sont épaisses et que sa structure donne une impression de rudesse au toucher. Ce problème peut provenir de la farine lorsqu'elle est issue d'un blé à gluten court ou légèrement avarié ou encore lorsque le pourcentage de farine basse est trop élevé dans la farine panifiable (Tounian, 2012). Cela peut provenir également du boulanger s'il confectionne des pâtes trop fermes, s'il emploie une eau trop chaude ou si la fermentation est insuffisante ou excessive (Chaurand *et al.*, 2005). Une mie collante se traduit par une adhésion de la mie à la lame de couteau lorsqu'on veut trancher le pain. Ce cas est rare mais il provient de la farine par la présence de grains de blé germés lors de la mouture.



L'ajout de la farine de seigle à la farine panifiable peut en être également responsable (Chaurand et al., 2005).

#### **4. La Qualité Sanitaire Du Pain**

Au Bénin, la qualité du pain alimente l'actualité depuis quelques années, du fait de l'utilisation présumée du bromate de potassium. Cette pratique est relayée par plusieurs rumeurs et quelques rares documents de l'Association des Pâtisseries et Boulangers du Bénin.

La présentation et les conditions de vente de pains aux abords des voies dans certains pays africains comme le Bénin sont peu recommandables et suscitent plusieurs interrogations.

Lorsque les manipulateurs d'aliments ne pratiquent pas une hygiène personnelle sécuritaire, ils peuvent devenir un véhicule pour la transmission des agents pathogènes, par les mains, la bouche, la peau, entre autres (HPA, 2009).

Les conditions d'hygiène dans les boulangeries, les conditions de travail des boulangers et des acteurs de la chaîne de distribution du pain sont sous-optimales et prédisposent le pain à la contamination par des microorganismes pathogènes (Olusegun *et al.*, 2015).

La qualité d'un pain se caractérise par l'absence de micro-organismes divers et de substances chimiques qui le rendraient nocif. Cette qualité lui procure une meilleure valeur nutritionnelle (Sablani *et al.*, 2002). L'utilisation de blé de bonne qualité est la première condition nécessaire pour obtenir du bon pain. Depuis 20 ans, la qualité du blé cultivé a fortement évolué (Inoue & *al.*, 1992). Grâce à un effort de sélection, de nombreuses variétés sont devenues plus riches en gluten et plus facilement panifiables. Ceci ne signifie pas qu'elles donnent du pain de meilleure qualité gustative et nutritionnelle (Salimata & *al.*, 2020).

La croissance des moisissures dans la farine, les pains et les pâtisseries peut entraîner une contamination primaire par les mycotoxines (Salimata & *al.*, 2020). Bien que les moisissures soient habituellement tuées dans le processus de cuisson, une manipulation incorrecte peut engendrer leur survie et donc la production de toxines dans les produits de boulangerie, principalement en raison de la poussière de boulangerie qui peut contenir des spores (Weidenbörner *et al.*, 2000). Dans les pays producteurs et consommateurs de pains comme le Bénin où l'on ne produit pas du blé, la farine importée doit forcément faire l'objet d'un stockage et d'une manipulation minutieux. Une sensibilisation à l'endroit des acteurs de la chaîne serait une belle initiative.

##### **4.1. L'altération bactérienne**

On entend par altération ou pourrissement, toute modification qui fait perdre au pain sa qualité désirée et le rend impropre à la consommation.

L'altération bactérienne du pain se répercute sur sa couleur, son aspect, son goût, son odeur et est due à la production d'acides et/ou d'enzymes par les bactéries (Inoue & al, 1992). Deux altérations sont connues pour le pain et sont d'origine bactérienne :

- La maladie du pain saignant ou maladie rouge due au développement de la bactérie *Serratia marcescens*, également appelée *Prodigrosus*.
- Le pain filant ou pain visqueux causé par *Bacillus subtilis* et *Bacillus mesentericus* car leurs spores résistent plusieurs heures à 100 °C. Ces bactéries peuvent provenir des matières premières, de l'équipement ou de la levure elle-même (El Hassouni, 2014). La maladie se déclare lorsque le taux d'acidité du pain est trop faible ou quand il est stocké en atmosphère chaude et humide. Une odeur d'ananas avarié et des tâches jaune foncé apparaissent alors dans la mie. Les tâches grandissent, l'odeur devient pénétrante, putride et tenace. Un phénomène de filamentation apparaît alors par détachement de longs filaments au contact d'une lame de couteau avec la mie.

#### **4.2. L'altération fongique**

Ce type d'altération est apparu avec le pain emballé et coupé en tranches. Selon Zuliani et Pascal (2004), la moisissure est la cause la plus fréquente de l'altération du pain. Bien que les spores de moisissures soient détruites au cours de la cuisson du pain, la croûte est rapidement recontaminée par celles qui sont en suspension dans l'air ou présentes sur les appareils de tranchage ou les surfaces de contact, les emballages ou sur les mains des personnes qui le manipulent. Les spores de moisissures pourront éventuellement germer et altérer le produit au cours de son entreposage, particulièrement si l'air ambiant est chaud et humide, ou si le pain est emballé à chaud, ce qui provoque de la condensation à l'intérieur de l'emballage au cours du refroidissement. Les moisissures sont à l'origine de tâches feutrées et duveteuses, de couleurs variables. Les champignons le plus souvent mis en cause sont des genres *Aspergillus* et *Penicillium*. Mais, environ 15 espèces différentes peuvent apparaître sur le pain (Chaurand *et al.*, 2005).

Plusieurs moyens de lutte peuvent être utilisés contre le développement des moisissures, notamment : (i) l'acidification du pain ; (ii) l'aménagement du fournil pour éviter la dispersion des farines (spores) dans les ateliers à la suite de mouvements d'air ; (iii) la désinfection et le nettoyage du matériel de fabrication et (iv) la surveillance des locaux de stockage (Bouis *et al.*, 2011).

#### **4.3. Altérations chimiques**

L'altération chimique est essentiellement liée aux pesticides dont l'utilisation en agriculture s'est généralisée depuis quelques décennies. C'est avec le traitement des blés qu'une source importante de résidus apparaît. Mais s'ils sont correctement utilisés, les résidus des traitements appliqués aux sols, aux semences, aux plantes (insecticides, herbicides, fongicides) ne seront

présents qu'en quantité négligeable dans le pain (Jean Buré, 1979). De plus, les résidus de pesticides étant en effet surtout présents dans les parties externes des grains de blé, les farines d'extraction plus ou moins complètes seront plus facilement polluées et de manière plus importante que les farines blanches et donc les pains blancs. Ces résidus sont en partie détruits par la panification (Fardet *et al.*, 2006).

#### **4.4. Les pratiques de malfaçon et les réglementations de la filière pain**

##### **4.4.1. Les pratiques de falsification opérées sur le pain**

Au Bénin, la recherche accrue du gain a amené des boulangers à adopter des pratiques à risques pour la qualité sanitaire du pain, tels que l'ajout de produits prohibés comme le Bromate de potassium dans le processus de fabrication du pain, des farines à bas coût et de qualité douteuse...

Développer dans les années 80, les boulangers anglais et européens pris entre la hausse de leurs coûts et le contrôle du prix du pain se tournèrent vers des procédés de panification nécessitant moins de blé de qualité (Leenhardt *et al.*, 2005) et l'utilisation des composants lactiques, des farines de légumineuses et des matières grasses pour « améliorer » le pain (Weidenbörner *et al.*, 2000 ; Fardet *et al.*, 2006). Cette amélioration du pain nécessite au cours du pétrissage l'addition de produits dits "améliorants", constitués essentiellement par des matières grasses spéciales, des substances émulsifiantes...etc. Selon le même auteur l'organisation des consommateurs français dénonçait le fait que la vente du pain amélioré permettrait aux boulangers d'accroître leur marge bénéficiaire. Une pratique confirmée par Chaurand *et al.* (2005), qui affirment qu'il suffit d'ajouter une goutte d'un oxydant ou d'un réducteur classique au cours du pétrissage de la pâte pour modifier spectaculairement le volume du pain. D'ailleurs, le nombre d'enzymes autorisés en panification française serait passé du simple au double sur la période de 1997 à 2004 (Olusegun *et al.*, 2015).

Au Nigéria par exemple, la qualité sanitaire du pain s'est dégradée en raison de l'utilisation aveugle du bromate de potassium (Oloyede & Sunmonu, 2009). Ce produit est employé depuis 1916 pour accroître le volume des pains à base de farines de blé.

L'association béninoise des pâtisseries et boulangers lors de ses assises des 27, 28 et 29 avril 2015 a reconnu que :

- Un nombre important de boulangeries fabriquent le pain avec du blé de qualité douteuse ou avariée et des adjuvants contenant des produits toxiques et cancérogènes,
- Certaines boulangeries produisent dans une extrême insalubrité et un manque d'hygiène, confirmé par ailleurs par le Ministère du Commerce et de l'Industrie, le Ministère de la Santé et la Direction de l'Alimentation et de la Nutrition Appliquée ;

- Les pains sont dans la majorité des cas distribués sans aucune précaution, vendus à motocyclettes, exposés dans des paniers non couverts ;
- Malgré l'existence des textes sur les conditions d'enregistrement et d'installation des boulangeries au Bénin, force est de constater que qu'un nombre important de boulangeries exercent dans l'informel.

Ce problème de falsification, assez généralisé aujourd'hui est intéressant à signaler en raison des risques de santé publique auxquels il expose. La falsification peut se faire par l'utilisation de farine de qualité inférieure ou par l'adjonction de substances minérales diverses (Agnès & al, 2021).

Au nombre de ces substances, nous pouvons citer :

- Le sulfate de cuivre qui permet de bien faire lever le pain en rendant de l'élasticité au gluten avarié et d'augmenter la quantité d'eau introduite à la pâte. Les effets se font sentir pour une dose de 1g/70kg. A 2g pour le même poids, la dose devient dangereuse (Desmots & al, 2009).
- L'alun (sulfate double d'aluminium et de potassium) augmente la blancheur du pain. Lors de son utilisation, il faut diminuer la quantité de sel dans les mêmes proportions (Desmots & al, 2009).
- Le bromate de potassium (KBrO<sub>3</sub>) dont l'utilisation a été un choix courant chez les meuniers et les boulangers dans le monde entier car il est bon marché et probablement l'agent oxydant le plus efficace. Il agit comme un agent "gonfleur" du pain par oxydation lente tout au long du processus de fermentation, affectant la structure et les propriétés rhéologiques de la pâte. Mais ce produit serait nuisible à la santé humaine du fait de son caractère cancérigène et il a été interdit dans tout produit alimentaire (Olusegun *et al.*, 2015).
- La gomme xanthane (ou adjuvant E415) est un émulsifiant, un agent moussant, un stabilisant, un épaississant alimentaire utilisable pour optimiser le levage de la pâte de farine de blé, et admises par la commission mixte FAO/OMS du Codex Alimentarius dans sa norme Codex Stan 192–2015. La gomme xanthane permet d'avoir une pâte plus élastique, moins friable et une mie bien plus aérée ; et peut constituer un substitut recommandable au bromate de potassium.

#### **4.4.2. Les réglementations du secteur pain**

##### **Au niveau national et sous-régional**

L'installation en République du Bénin des boulangeries doit se faire conformément aux dispositions de l'arrêté N°0210/MIE/DGM/DIN du 16 août 1988 qui prescrit un zonage entre les boulangeries au Bénin (500m à Cotonou et environs, 800M dans les villes chefs-lieux de départements et 1km dans le reste du territoire national)

L'arrêté N°030/MICPE/DC/SG/DCCI/DCE du 23 mars 2006 portant spécifications et modalités d'importation et de mise en consommation de la farine de blé en République du Bénin prescrit que la farine de blé doit être importée au Bénin exclusivement par voie maritime via le port et que la farine de blé destinée à la mise en consommation en République du Bénin doit présenter les spécifications suivantes :

- Indication du lot, de la date de fabrication et de la date limite de consommation
- Cendres : 0.6% max
- Humidité : 13.5% max
- Protéine : 11% max

L'arrêté N°098/MICPE/DC/SG/DCCI/SCSP du 14 septembre 2005 de la République du Bénin portant fixation des modalités de distribution de pain par les boulangers, les boulangers-pâtisseries et les revendeurs en République du Bénin prescrit que :

- Chaque boulanger et boulanger-pâtisseries doit se conformer aux prescriptions ci-après :
  - Confectionner et mettre à la disposition de ses revendeurs, un uniforme portant l'enseigne de la boulangerie,
  - attribuer à chaque revendeur un numéro d'identification à inscrire sur l'uniforme ;
  - délivrer une facture aux revendeurs à chaque vente ;
  - utiliser les matières premières de bonne qualité ;
  - classer et conserver les factures des farines, des levures et des améliorants utilisés pour la fabrication du pain ;
  - conserver les sacs d'emballage de farine utilisée dans la journée ;
  - respecter les règles d'hygiène ;
  - maîtriser l'organisation et le circuit de distribution de ses produits ;
  - obliger les revendeurs à respecter les prix réglementaires fixés et à conserver par devers eux les factures.
- Tout revendeur de pain est tenu de :
  - porter l'uniforme de son fournisseur avec son numéro d'identification
  - respecter les prix officiels
  - conserver à tout moment la facture d'achat du pain mis en vente
  - respecter les règles d'hygiène

L'arrêté N°016/MICPE/DC/SG/DCCI/SCSP du 23 février 2006 de la République du Bénin fixe les procédures d'implantation des boulangeries en République du Bénin prescrit

L'arrêté interministériel N°004/MICPE/MFE/DC/SG/DCCI/DCE du 06 janvier 2005 de la République du Bénin interdit l'importation et la

commercialisation en République du Bénin d'adjuvants et autres produits alimentaires contenant du persulfate d'ammonium, du bromate de potassium, du bromure de sodium et de la salmonelle.

D'un point de vue réglementaire, l'Union Européenne a adopté depuis 1993 une série de réglementations imposant aux producteurs de denrées alimentaires de mettre en place des mesures visant à assurer un niveau de protection élevée, notamment une traçabilité de la fourche à la fourchette.

La réglementation béninoise en matière de la qualité du pain et de ses intrants n'est pas bien fournie.

L'arrêté 2008 N°052/MICPE/DC/SGM/DGCI/DPCI de la République du Bénin fixe les prix au poids du pain (tableau 3).

**Tableau 3 : Prix au poids du pain**

Poids du pain	Prix de vente en gros	Prix de vente en détail
200 g	135 F	150 F
160 g	112 F	125 F

### **Au niveau international**

Par exemple en France, selon le décret du 13 septembre 1993, seuls peuvent être mis en vente ou vendus sous la dénomination de « pain de tradition française », « pain traditionnel français », « pain traditionnel de France » ou sous une dénomination combinant ces termes ; les pains, quel que soit leur forme, n'ayant subi aucun traitement de surgélation au cours de leur élaboration, ne contenant aucun additif et résultant de la cuisson d'une pâte qui présente les caractéristiques bien précises. En ce qui concerne le pain biologique, selon la législation européenne en vigueur, ne peut faire référence à l'appellation « issu de l'agriculture biologique » que le produit alimentaire qui contient au moins 95% d'ingrédients issus de l'agriculture biologique. Le client « bio » désire un pain riche en fibres, préparé avec de la farine moulue à la meule de pierre, du levain naturel et du sel marin non raffiné (*Christian & al*, 2015). Ces exigences ne figurent pas dans le règlement européen. Des marques privées les ont incluses dans leur procédé de panification. L'utilisation de la mention « biologique » est certifiée par un organisme agréé par l'Etat.

### **Conclusion**

Le pain, denrée alimentaire populaire et très accessible, est fabriqué à base de farine de blé, de l'eau et d'un agent de levage comme la levure. Son processus de fabrication passe par le pétrissage, le pointage, le formage, l'apprêt, la scarification et la cuisson.

La qualité initiale des matières premières, la quantité et les types d'ingrédients, la quantité et les types d'additifs, les paramètres technologiques

jouent un rôle important dans la qualité des pains. Ces paramètres peuvent être des facteurs d'influence pour la qualité de la production et celle pain final.

Les défauts physiques dans la qualité du produit final peuvent être dus à plusieurs raisons affectant le volume du pain, son durcissement, des odeurs ou des saveurs indésirables.

La présence de certains microorganismes peut affecter l'aspect, la couleur ou l'arôme du pain.

Aussi, la consommation du pain peut constituer un risque sanitaire sérieux pour la population en raison des pratiques d'amélioration et de modification auxquelles les fabricants ont quelques fois recours.

Cependant, en ce vingt-et-unième siècle où les procédés et modes alimentaires connaissent des changements spectaculaires à visée plus économique et sociale, l'on devrait rester en alerte et vigilant sur la qualité des denrées alimentaires, en particulier du pain que nous consommons ; en raison des pratiques nuisibles et insoupçonnées utilisées dans leur chaîne de fabrication.

### References:

1. Adou M., Tetchi F. A., Kouadio J. A., Amani N. G., (2013). Preliminary study of in vivo toxicity of mixture «cashew apple juice-milk» on mice. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science Research*. 3(1) pp : 41-47.
2. Agnès A., Desmots ?. H., Hubert C., Ducasse, (2021). De l'Image à la Technologie : une approche pluridisciplinaire pour l'amélioration de la qualité du pain biologique. *Innovations Agronomiques*. Vol (4), pp :203-208.
3. Atwell, W., Sean F., (2016). Wheat flour. Livre. *American Association of Cereal Chemists International*. (2), p:61.
4. Autio K., Laurikainen T., (1997). Relationship between flour / dough microstructure and dough handling and baking properties. *Trends in Food Science and Technology*. (8) pp:181-185.
5. Barbignant S., Bonte L., Siekierski C., (1997). Les levures de boulangerie - *Projet de 3ème année, Institut Agricole et Alimentaire de Lille*, p:30.
6. Bock M. A. (2000). Minor constituents of cereals. *Handbook of cereal science and technology*, New York, Second edition, revised and expanded. pp:479-504.
7. Bokossa Y., Banon S. J., Tchekessi C. K. C., Dossou-Yovo P., Adeoti K. & Assogba E. (2013). Caractérisation physicochimique et microbiologique de Ablo : une pâte fermentée du Bénin. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, 2013, Série A, 15(2) p :330

8. Bossou T., Dabade S., Bello D., Dossou J., (2021). Risk assessment of lead in wheat flour bread consumed in Benin. *Journal of Applied Biosciences*. (165) pp :17056-17064.
9. Bouis H. E., Hotz C., McClafferty B., Meenakshi J. V., Pfeiffer W. H. (2011). Biofortification: a new tool to reduce micronutrient malnutrition. *Food Nutr. Bulletin* 32, pp:31-40.
10. Bouhadi D., Ibri K., Hariri A., Benattouche Z., Belkhodja H. (2020). Effet de l'ajout de la farine de malt sur les caractéristiques fonctionnelles et technologiques de la farine de blé tendre, *Revue Nature et Technologie*, 12 (2), pp:54-62.
11. Brabant C., Dario F., Kleijer G., Vincent V., (2007). Influence de la variété sur le goût du pain. *Revue Suisse d'Agriculture*, 39(3), pp:101-108.
12. Bram Pareyt, Sean M. Finnie, Joke A. Putseys, Jan A. Delcour. (2011). Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science*, (54), pp : 266-279.
13. Buche F. (2011). Influence de la formulation de pâtes de farine de blé sur leur consommation d'oxygène et leur production de dioxyde de carbone au cours du pétrissage et de la fermentation : Conséquences biochimiques et rhéologiques. Thèse. *Alimentation et Nutrition. AgroParisTech*. pp : 62-71.
14. Cauvain Stanley P. and Young Linda S. (2007). *Technology of Breadmaking*, Second Edition, Springer Science+Business Media, LLC. 410p.
15. Chancelle Betty N. ; (2015). Production et caractérisation de farine de patate douce (Ipomoeabatatas.Lam) : optimisation de la technologie de panification. Thèse de doctorat. Université de Lorraine. Articles L 122. 4 Code de la Propriété Intellectuelle. [http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php) ; <http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>.
16. Chaurand M., Rémésy C., Fardet A., Leenhardt F., Bar-L'Helgouach C., Taupier-Letage B. & Abecassis J. (2005). Influence du type de mouture (cylindres vs meules) sur les teneurs en minéraux des différentes fractions du grain de blé en cultures conventionnelle et biologique. *Industries des Céréales*. (142), pp :3-11.
17. Christian R., Fanny L., Anthony F., (2015). Donner un nouvel avenir au pain dans le cadre d'une alimentation durable et préventive. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. Volume 50, Issue 1, pp : 39-46.
18. Christiane M., Guilbot A., (1974). Influence des conditions de granulation du maïs sur les caractéristiques physico-chimiques de son



- amidon. *Annales de zootechnie*, INRA/EDP Sciences, 23 (3), pp.241-251.
19. Collar C., Armero E., Martinez J., (1998). Lipid binding of formula bread doughs. Relationships with dough and bread technological performance. *Lebensmittel-Wissenschaftund-Technologie*, (207), pp:110-121.
  20. Dellaye C., Clement P., Rossi J. P., (1994). Appréciation du pouvoir fermentaire. Lesaffre *Bakery Division Marcq-en-Baroeul : Maison Atfort*, p :12.
  21. Delphine S., Elisa M., Amandine D., Sandrine M, (2016). Diversité des terroirs, des blés, des levures, des bactéries, des pratiques boulangères: quel impact sur la saveur et la qualité nutritionnelle du pain ?. Communication dans un congrès, *Sciences du Vivant-Alimentation et Nutrition*. HAL INRAe. {hal-01602306}
  22. Demiralp H., Celik S., & Köksel H., (2000). Effects of oxidizing agents and defatting on the electrophoretic patterns of flour proteins during dough mixing. *European Food Research and Technology*, (211), pp:322-325.
  23. Desmonts M.H., Chiron H., Ducasse M., Agnes A., (2009). De l'Image à la Technologie : une approche pluridisciplinaire pour l'amélioration de la qualité du pain biologique. *Innovations Agronomiques* (4), pp : 203-208.
  24. Don C., Lichtendonk W. J., Plijter J. J. (2003a). Glutenin macropolymer : a gel formed by particles. *Journal of Cereal Science*. (37) pp : 1–7.
  25. Don C., Lichtendonk W. J., Plijter J. J., (2003b). Understanding the link between GMP and dough: from glutenin particles in flour towards developed dough. *Journal of Cereal Science*. (38) pp : 157–165.
  26. Don C., Lichtendonk W. J., Plijter J. J., Vliet T. V. and Hamer R. J., (2005). The effect of mixing on glutenin particle properties : aggregation factors that affect gluten function in dough. *Journal of Cereal Science*. (41) pp : 69-83.
  27. El Hassouni Asmae (2014). Suivi physico-chimiques et microbiologiques et Maîtrise et Validation du circuit des sels nutritifs par HACCP à LESAFFRE Maroc. *Mémoire de fin d'études en ingénieurs Industries Agricoles et Alimentaires, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Maroc*. p:124.
  28. Emeje M., Ofoefule S., Nnaji A., Ofoefule A., Brown S., (2010). Assessment of bread safety in Nigeria: Quantitative determination of potassium bromated and lead. *Afr. J. Food Sci*. 4(6), pp:394-397.

29. Fardet A., Leenhardt F., Lioger D., Scalbert A., Rémésy C., (2006). Parameters controlling the glycaemic response to breads. *Nutrition Research Reviews* (19) pp:1-9.
30. Feillet P., (2000). Le grain de blé composition et utilisation. *INRA, Paris*. p:308.
31. Fetouhi A., (2014). Panification à base de blé tendre ou de riz-fèveverole (sans gluten) : essai de prédiction de la qualité technologique par dissociation chimique des interactions impliquées. *Thèse, Université Constantine -I, Institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires (I.N.A.T.A.A.)*, p:118.
32. Forsythe S. J., Hayes P. R., (1998). Food hygiene, microbiology, and HACCP. *Aspen Publications*. Pp:39-41.
33. François Jarrige, (2010). Le travail de la routine : autour d'une controverse sociotechnique dans la boulangerie française du XIX<sup>e</sup> siècle. *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, (65), pp : 645 – 677.
34. Gil M. J., Callejo M. J., Rodriguez G., (1997). Effect of water content and storage time on white pan bread quality : instrumente valuation. *Lebensmittel-Wissenschaftund-Technologie*, (205) pp :268-273.
35. Godon B., (1991). Biotransformation des produits céréaliers. Livre. *Collection Sciences et techniques agroalimentaires*. p:411.
36. Guinet R., (1992). Technologie du pain français, *Ed.B.P.I., Paris*, pp :182.
37. Hardaker J. B., Huirne R. B. M., Anderson J. R., Lien G., (2015). Coping with Risk in Agriculture. *Commonwealth Agricultural Bureau International Publishing* (3) pp:285-290.
38. Hardaker J.B., Lien G., Anderson JR et Huirne, R., (2015). Faire face au risque dans l'agriculture, édition : Analyse décisionnelle appliquée.
39. Health Protection Agency-HPA, (2009). *Annual Report and Accounts*, London. p.45.
40. Hutkins, Robert W. (2006). Microbiology and technology of fermented foods, *1<sup>st</sup> ed, Blackwell publishing*. ISBN-13: 978-0-8138-0018-9. p:475.
41. Hounhouigan D. J., (1994). Fermentation of maize (*Zea mays* L.) meal for mawè production in Benin: Physical, chemical, and microbiological aspects. *PhD Thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands*, p:99.
42. Inoue Y, Bushuk W., (1992). Studies on frozendough. II. Flour quality requirements for bread production from frozen dough. *Cereal Chemistry*, (69) pp:423-428.
43. Jean B., (1979). Suivis du recueil des usages concernant les pains de France. Actes du colloque. Paris. *Éditions du Centre national de*

- coordination des études et recherches sur la nutrition et l'alimentation (France)*, pp:3-14.
44. Jongen T. R. G., Brusckhe M.V., Dekker J. G., (2003). Analysis of dough kneaders using numerical flow simulations. *Cereal Chemistry*, July 2003 Volume 80 Number 4, pp:383-389.
  45. Khandke S. S., Mayes T., (1998). HACCP implementation: a practical guide to the implementation of the HACCP plan. *Food Control, Vol.9, Issues 2-3*, pp:103-109
  46. Leenhardt F., Levrat-Verny M. A., Chanliaud E., Remesy C., (2005). Moderate Decrease of pH by Sourdough Fermentation Is Sufficient To Reduce Phytate Content of Whole Wheat Flour through Endogenous Phytase Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (53) pp:98-102.
  47. Levavasseur L., (2007). Suivi simultané de la consommation d'oxygène et de la consistance des pâtes de farine de blé tendre à l'aide d'un pétrin instrumenté (le Sitoxygraphe) : Tentative d'explications biochimiques et rhéologiques. Application à l'ajout de laccase. PhD in Food Science. Paris VII and Paris XI Universities, *AgroParisTech*, France.
  48. Lopez H. W., Leenhardt F., Remesy C., (2002). Minerals and phytic acid interactions : is it a real problem for human nutrition? *International Journal of Food Science and Technology*. (37) pp:727-739.
  49. Lopez H. W., Leenhardt F., Remesy C., (2002). Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition? *Int. J. Food Sci. Techno.* (37), pp :727-739.
  50. Luc S., Valerie M., (2012). Impact de la structure de l'aliment sur les propriétés nutritionnelles et l'acceptabilité du pain et des pâtes. *Innovations Agronomiques, INRAE*, (19), pp : 63-74.
  51. Macauley H, Ramadjita T., (2015). Les cultures céréalières : riz, maïs, millet, sorgho et blé. Rapport : *Plan d'action pour la transformation de l'agriculture africaine*, pp : 38.
  52. Martin P. J., Chin N. L., Campbell G. M., Marrant C. J., (2004). Aeration during bread dough mixing: III. Effect of scale-up. Transactions of the Institution of Chemical Engineers, Part C, *Food and Bioproducts Processing*. (82), pp:282-290.
  53. Masylattard I., (1989). Le pain : aspects biochimiques et nutritionnels. *Thèse PhD Pharmacie*, Lille, p:123.
  54. Mehta K. L., Scanlon M. G., Sapirstein H. D., Page J. H., (2009). Ultrasonic investigation of the effect of vegetable shortening and mixing time on the mechanical properties of bread dough. *Journal of Food Science*. (74) pp:455-461.

55. Millar S., (2006). Role of the dough mixing process in bread production. In: HELDMAN D.R. (ED.), *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*. Taylor et Francis Group, London, pp:1-4.
56. Mondal A., Datta A.K., (2008). Bread baking – A review. *Journal of Food Engineering* 86 (4), pp:465-474.
57. Oloyede O. B., Sunmonu T. O., (2009). Potassium bromate content of selected bread samples in Ilorin, Central Nigeria and its effect on some enzymes of rat liver and kidney'. *Food Chemical Toxicology*. 2009 Vol. 47; 2097-2070.
58. Olusegun A., Olufemi O., Olusola A., Bolade K., (2015). Safety of bread for human consumption in an urban community in Southwestern Nigeria. *African Journal of Food Science*. (9), pp:272-277.
59. Pareyt B., Finnie S.M, Putseys J A., Delcour J. A., (2011). Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science* (54), pp:266-279.
60. Richard R., (2005). Levures biologiques alimentaires ou poudres levantes. *L'Agroalimentaire*. p:34.
61. Sablani S. S., Baik O., Marcotte M., (2002). Neural networks for predicting thermal conductivity of bakery products. *Journal of Food Engineering*. (52) p:299-304.
62. Sahu R., Saxena M., Mathur H. B., (2016). Potassium Bromate or Potassium Iodate in Bread. *Pollution Monitoring Laboratory*. New Delhi India, 110003. p:23.
63. Sajot-Deneuille D., (2008). Contribution à la mise en place de la démarche HACCP pour la fabrication de pain blanc précuit surgelé. *Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT*, 2008, p:170.
64. Salimata K., Mamadou S., Mahmoud A. C., Oumou S. M., Abdoulaye Z. K., Alassane M. M., Safiatou S., Madou C., Cheick T. O. S., Fatoumata M., Ousmane T., (2020). Évaluation de la qualité microbiologique et chimique du pain et de la farine servant à faire le pain dans les boulangeries de Bamako. *Revue Malienne de Science et de Technologie*. Vol.(1.23), pp : 09-10.
65. Sluimer P., (2005). Principles of breadmaking: functionality of raw materials and process steps. *Amer Assn of Cereal Chemists - Hardcover*. pp:03-30.
66. Stauffer C. E., (1996). Fats and oils. *Molecular Nutrition of Food Research*. p:149.
67. Tounian P., (2012). Faut-il avoir peur des sucres chez l'enfant ? *Réalités pédiatriques*. (172), p:4

68. Touyarou P., (2011). Formulation, caractérisation et validation d'un pain satiétogène. Thèse de doctorat, *Médecine humaine et pathologie. Université de Bourgogne*, p :157.
69. Wang M., Oudgenoeg G., Vliet T.V., Hamer R. J., (2003). Interaction of water unextractable solids with gluten protein: effect on dough properties and gluten quality. *Journal of Cereal Science*, (38), pp:95-104.
70. Weidenbörner M., Wiczorek C., Appel S., Kunz B., (2000). Whole wheat and white wheat flour—the mycobiota and potential mycotoxins. *Food Microbiology*, (17) p:103-107.
71. Zhou Z., Robards K., Helliwell S., Blanchard C., (2002). Review-Composition and functional properties of rice. *International Journal of Food Science and Technology*. (37) pp:849-868.
72. Zhu F., Cai Y. Z., Sun M., Corke H., (2008). Effect of phenolic compounds on the pasting and textural properties of wheat starch. *Biosynthesis Nutrition Biomedical*. (60) pp:609-616.
73. Zuliani V., Garry P., (2004). Les germes pathogènes dans l'industrie agroalimentaire. *Salles propres*. (31) pp:12-16.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Length-Weight Relationship And Condition Factor Of Mangrove Fish Species In Azagny National Park (Grand-Lahou Department, Ivory Coast)**

***Kouadio Kouassi Alain,***

Doctoral student at the laboratory of Natural Environments and Biodiversity Conservation, Faculty of Biosciences, Félix Houphouët-Boigny University, Ivory Coast, Ivorian,

***Yao Stanislas Silvain,***

Senior Lecturer at the Laboratory of Natural Environments and Biodiversity Conservation, Faculty of Biosciences, Félix Houphouët-Boigny University, Ivory Coast

***Kamelan Tanoh Marius,***

***Konan Yao Aristide,***

Assistant Professor, Laboratory of Natural Environments and Biodiversity Conservation, UFR Faculty of Biosciences, Félix Houphouët-Boigny University, Ivory Coast

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n8p158](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p158)

---

Submitted: 08 November 2021

Accepted: 28 January 2022

Published: 28 February 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Alain K.K., Silvain Y.S., Marius K.T., & Aristide K.Y., (2022). *Length-Weight Relationship And Condition Factor Of Mangrove Fish Species In Azagny National Park (Grand-Lahou Department, Ivory Coast)* European Scientific Journal, ESJ, 18 (8), 158.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p158>

---

### **Abstract**

The length-weight relationship and condition factor of mangrove fish species in Azagny National Park (ANP) were studied, to provide baseline data of the impact of mangrove disturbances on ichthyofauna. Specimens were captured from March 2019 to February 2020 using gillnets and mesh traps. After identification, each specimen was weighed to the nearest gram and measured to the nearest millimeter. Twenty-eight species belonging to 17 families and 24 genera were selected based on their numbers (only species with at least 10 specimens were considered). Most of these species have a negative allometry (22 species, 78.57%). 14.28% species showed positive allometry and 7.14% species showed isometry. The length-weight regressions

are significant with a coefficient of determination ( $r^2$ ) varying between 0.115 for *Chrysichthys maurus* and 0.936 for *Labeo coubie*. The coefficient of allometry  $b$  varies from 0.413 for *Chrysichthys maurus* to 4.272 for *Labeo coubie* with a mean value of  $2.384 \pm 0.810$ . The condition factor ranged on average from  $0.935 \pm 0.966$  for *Schilbe mandibularis*  $113.3 \pm 10.644$  for *Chrysichthys maurus*. This study provides information on the effects of mangrove disturbance on the growth of species of the said ecosystem and contributes to the management of the ichthyofauna of the ANP.

---

**Keywords:** Length-Weight Relationship, Condition Factor, Mangroves, Azagny National Park, Grand-Lahou Department.

## Introduction

Mangroves are one of the most productive ecosystems in the world and provide highly diverse ecosystem services (Barbier *et al.*, 2011; UNEP, 2014). Duarte *et al.* (2020) estimate that these ecosystem services are all highly dependent on the ecological condition of the forest massifs. Indeed, mangroves offer a multitude of environments conducive to the feeding and development of fish, crustaceans and mollusks for which it is a breeding ground. It is the basis for the productivity of marine waters, and the back mangrove has good potential for aquaculture in brackish waters (Youmbi *et al.*, 1991). On the other hand, mangroves are not immune to stresses related to global change, including first and foremost the risk of sea level rise, which may constitute a major threat locally (Gilman *et al.*, 2008; Giri *et al.*, 2011). In Ivory Coast, mangroves are increasingly degraded by their conversion into agricultural land, inhabited areas and infrastructure on the one hand and on the other hand by the various pressures and pollution they are subjected to (Égnankou, 2009 source). For example, Égnankou (2009) announced the considerable decrease of the surface area of the mangrove, between 1980 and 2005, from 30,200 ha to 9,900 ha in Ivory Coast. The mangroves of the ANP are not spared by this situation, whereas they contain a strong biological diversity. This plague impacts aquatic communities in general and the fish fauna in particular. The protection of these environments today is needed and it goes through good systematic, biological and ecological knowledge of the beings that live there (Lalèyé, 2006).

However, there are almost no studies that effectively and specifically address the ichthyofauna of the mangroves of the ANP. The aim of this study is to propose a rational management plan for fish stocks. It is based on the length-weight relationship and the condition factor. According to Hossain *et al.* (2012) and Bolognini *et al.* (2013), the length-weight relationship is an important tool in biology, physiology, ecology and stock assessment for the management and conservation of natural fish populations. Indeed, it is a

critically important key used in fisheries assessment and in fish biology (Da Costa and Araújo, 2003). The condition factor provides information on the overweight status of a fish (Lévêque *et al.*, 1990). It is an instrument often used to compare the overall physiological status of populations over a seasonal cycle or between ponds with similar or different ecological conditions (Le Cren, 1951).

For Baby (2011), the condition factor can be used as an index to assess the level of disturbance in an aquatic ecosystem that is strongly influenced by environmental parameters. The present study aims to determine some biological knowledge base of the ichthyological fauna of the ANP mangroves and the effect of mangrove disturbance on the growth and condition of 28 fish species for appropriate management of the said ecosystem. It was done based on length-weight relationships and condition factor of fish.

## **Materials And Methods**

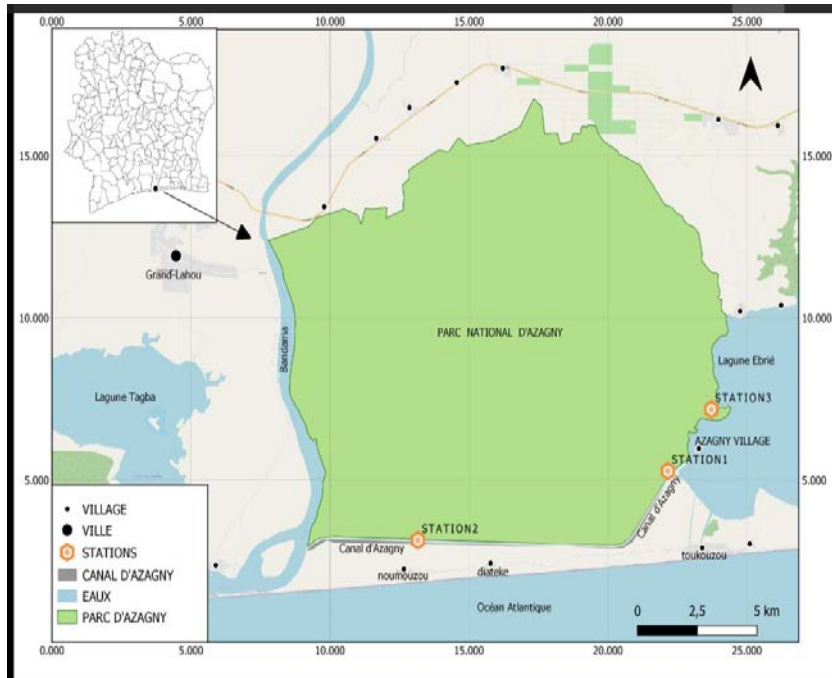
### **Study Area**

The study was conducted in the Azagny National Park (ANP) to Grand-Lahou in southwestern Ivory Coast, between 5°14' and 5°31' North and 4°76' and 5°01' West (Figure 1). ANP has an area of 19,400 ha with grassy savanna and dense forest vegetation (Avenard *et al.*, 1971; Bouichou, 1978). Three quarters of the park's area is made up of the Bandama River-Ebrié Lagoon complex. According to Roth (1979), 45% of its area is flooded throughout the year and 62% during the rainy seasons. This water regime gives the park an ecological specificity. Sampling was conducted at three stations along the study area. The stations were selected based on easy accessibility and the possibility of conducting a year-round sampling program.

### **Fish Sampling**

Fish sampling campaigns were conducted monthly over a 12-month period from March 2019 to February 2020 using monofilament gillnets with mesh sizes between 10 and 35 mm and mesh pots with mesh sizes between 15 and 25 mm. The duration of each campaign is 10 days. The gillnets were set at 5:00 p.m. and visited the next day at 7:00 a.m. for night fishing, and then lifted at 12:00 p.m. for day fishing. As far as the grid traps are concerned, they were set up in the evening around 5 pm and collected the next day starting at 7 am. The specimens collected were identified using the identification keys of Paugy *et al.* (2003a and b). Each individual captured was weighed using a TERRAILLON type electronic scale with a precision of 0.01 g and measured (SL) to the nearest cm using an ichthyometer.





**Figure 1:** Location of sampling sites in Azagny National Park

### Data processing and statistical analysis

To characterize the community structure of fishes in the study area, length-weight relationships were established for fish species according to the formula of Le Cren (1951):

$$P_t = aSL^b$$

With  $P_t$  = total mass of the fish in (g),  $SL$  = standard length of the fish in centimeter (cm),

$a$  = constant and  $b$  = allometry coefficient.

The parameters  $a$  and  $b$  were estimated after transforming the previous linear function into a logarithmic function of the formula:

$$\log P_t = \log a + b \log SL$$

In order to check whether the value of  $b$  is significantly different from 3, the Student's t-test was used ( $p = 0.05$ ). The allometry coefficient  $b$  varies between 2 and 4 but is most often close to 3. When  $b = 3$ , there is growth isometry (the growth in weight of the animal is equal to its growth in length). A coefficient  $b$  greater than 3 indicates a better growth of the species in weight than in length (positive allometry) and, conversely, a better growth in length than in weight when  $b$  is lower than 3 (negative allometry). The coefficient of determination ( $r^2$ ) was used as an indicator of the degree of correlation between length and mass.

For the present study, the Fulton condition factor (Bagenal, 1978) was calculated for each fish using the formula:

$$K = 100 Pt / SL^3$$

With Pt = total fresh weight of the fish in g.

SL = standard length of fish in centimeter.

3 = exponent of the weight-length relationship or allometry coefficient (b).

In the present study, only species represented by at least 10 specimens (Batiabo et al., 2019; Ibala Zamba et al., 2020), from which presence was noted at all stations during the entire collection period were used.

## Results

The length-weight relationship of 28 fish species studied are presented in Table I. A total of 2294 specimens belonging to 17 families were analyzed. The number of specimens vary from 10 (*Pellonula vorax*) to 658 (*Sarotherodon melanotheron*). The standard lengths (SL) of the specimens vary from 2.5 cm in *Pellonula vorax* to 50 m in *Sarotherodon melanotheron* with weights that vary between 1g in *Pellonula leonensis* and *Pellonula vorax* and 1000 g in *Neochelon falcipinnis*. The coefficients of determination ( $r^2$ ) of the linear regressions are ranged between 0.115 for *Chrysichthys maurus* and 0.936 for *Labeo coubie* and all regressions indicate a significant relationship ( $p < 0.05$ ) between length and weight of the fish studied. Furthermore, the values of ( $r^2$ ) are greater than 0.90 for 4 species (14.28%), 0.80 for 5 species (17.85%) and less than 0.80 for 19 species (67.85%).

The allometry coefficients (b) range from 0.413 for *Chrysichthys maurus* to 4.272 for *Labeo coubie*. The distribution of the allometry coefficient (b) for the 28 species studied has a mean value of  $2.384 \pm 0.810$  (Figure 2).

In terms of growth, the allometry coefficient (b) of two species, *Distichodus rostratus* and *Hepsetus odoe* is equal to 3 (Student's t-test:  $p = 0.5$ ), attests that the growth is isometric (Table 1). In contrast, 26 species (93%) have an allometry coefficient (b) significantly different from 3 (Student's t-test:  $p < 0.05$ ). Among these species, 22 species show negative allometric growth ( $b < 3$ ). These are *Elops lacerta*, *Pellonula leonensis*, *Pellonula vorax*, *Ethmalosa fimbriata*, *Chrysichthys maurus*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Schilbe mandibularis*, *Hemichromis fasciatus*, *Sarotherodon melanotheron*, *Coptodon guineensis*, *Coptodon hybride*, *Coptodon zillii*, *Pelmatolapia mariae*, *Tylochromis jentinki*, *Pomadasy jubelini*, *Monodactylus sebae*, *Trachinotus teraia*, *Awaous lateristriga*, *Gobioides sagitta*, *Porogobius schlegelii*, *Citharichthys stampflii* et *Cynoglossus senegalensis*. On the other hand, 4 species such as *Labeo coubie*, *Neochelon falcipinnis*, *Parachanna obscura* and *Polydactylus quadrifilis* have a positive allometric growth ( $b > 3$ ).

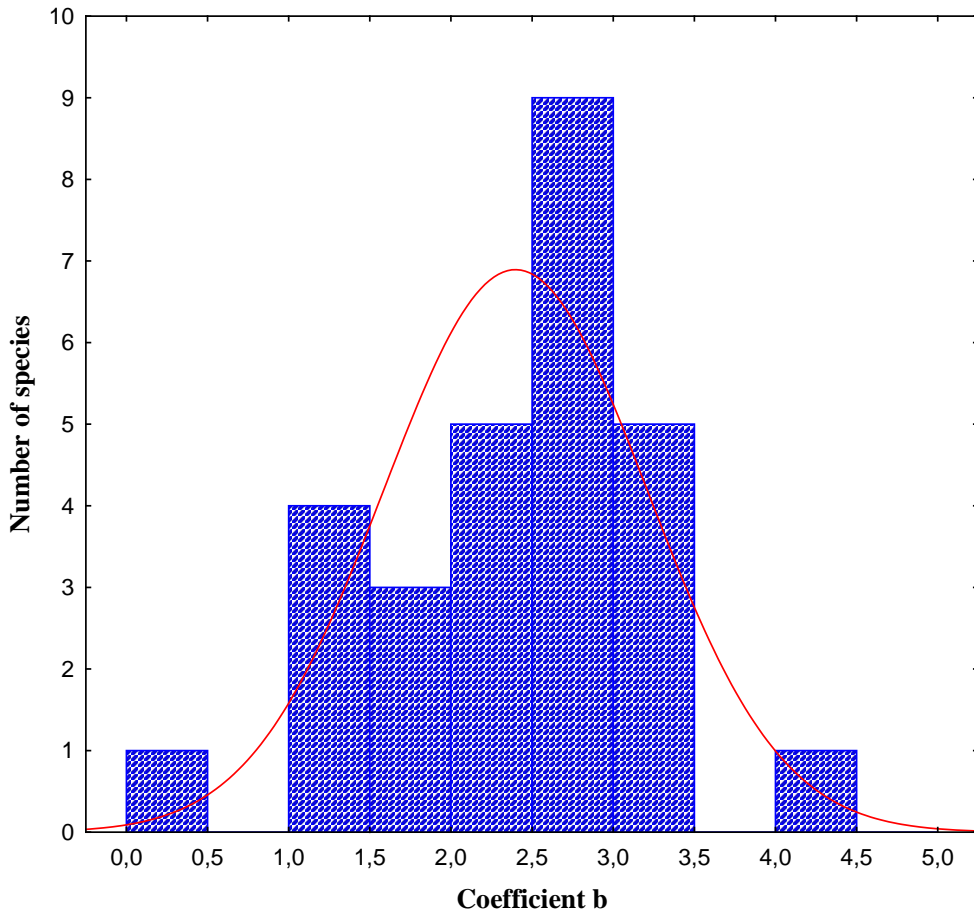
As for the condition factors K, the results in Table 1, indicate that 27 fish species (96.42%) out of the 28 have a good body weight. Only *Schilbe mandibularis* has a bad weight. The average condition factors vary from  $0.935 \pm 0.966$  for *Schilbe mandibularis* to  $113.3 \pm 10.644$  for *Chrysichthys maurus*.

Family	Species	N	Standard length		Weight		Length - Weight Relationship						
			Min	Max	Min	Max	a	b	SE (b)	r <sup>2</sup>	Growth	t	K
Elopidae	<i>Elops lacerta</i>	56	7,6	22	15	103	1,28	1,306	0,093	0,483	A-	-1,499	1,685
Clupeidae	<i>Pellonula leonensis</i>	21	3,8	10,2	1	30	0,255	1,87	0,121	0,543	A-	-1,149	6,874
	<i>Pellonula vorax</i>	10	2,5	8	1	19	1,307	1,117	0,107	0,307	A-	-1,302	15,86
	<i>Ethmalosa fimbriata</i>	18	4,7	17,5	11	101	0,107	2,275	0,136	0,645	A-	-1,028	4,063
Hepsetidae	<i>Hepsetus odoe</i>	33	12,3	22,5	30	356	0,012	3,036	0,142	0,883	I	-0,989	1,624
Distichodontidae	<i>Distichodus rostratus</i>	52	9	20,5	13	198	0,018	3,023	0,114	0,891	I	-1,222	1,98
	<i>Labeo coubie</i>	11	12,7	22	49	295	0,001	4,272	0,152	0,936	A+	-0,917	2,502
Claroteidae	<i>Chrysichthys maurus</i>	69	14	33,5	44	312	36,103	0,413	0,147	0,115	A-	0,947	113,299
	<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	147	8,5	24	11	293	0,082	2,541	0,148	0,646	A-	-0,942	2,309
	<i>Schilbe mandibularis</i>	45	11,5	18,5	13	78	0,127	2,077	0,098	0,475	A-	-1,416	0,935
Schilbeidae	<i>Hemichromis fasciatus</i>	76	5,6	16,2	8	148	0,06	2,746	0,133	0,789	A-	-1,048	3,262
	<i>Sarotherodon melanotheron</i>	658	6,5	50	3	999	0,23	2,315	0,207	0,923	A-	-0,673	3,773
Cichlidae	<i>Coptodon guineensis</i>	23	9	16,1	35	152	0,09	2,391	0,143	0,553	A-	-0,979	4,084
	<i>Coptodon hybride</i>	63	6,8	16,3	19	155	0,114	2,528	0,127	0,92	A-	-1,098	3,472
	<i>Coptodon zillii</i>	427	7,3	23,1	15	471	0,064	2,781	0,162	0,929	A-	-0,864	3,663
	<i>Pelmatolapia mariae</i>	20	9	15	35	148	0,046	2,663	0,148	0,577	A-	-0,943	4,502

	<i>Tylochromis jentinki</i>	126	7,5	19,5	8	199	0,059	2,696	0,148	0,85	A-	-0,941	2,78
Haemulidae	<i>Pomadasy jubelini</i>	40	10,1	21	30	298	0,029	2,943	0,182	0,643	A-	-0,767	3,172
Monodactylidae	<i>Monodactylus sebae</i>	56	5,5	13	12	147	0,476	1,991	0,097	0,637	A-	-1,434	5,453
Polynemidae	<i>Polydactylus quadrifilis</i>	21	7,5	21	7	211	0,011	3,142	0,149	0,829	A+	-0,936	2,447
Carangidae	<i>Trachinotus teraia</i>	48	4,3	15	13	198	0,365	1,837	0,093	0,615	A-	-1,502	3,351
Channidae	<i>Parachanna obscura</i>	32	13,7	32,5	61	807	0,005	3,381	0,217	0,878	A+	-0,645	2,187
Gobiidae	<i>Awaous lateristriga</i>	79	7,3	24	15	409	0,185	2,345	0,204	0,745	A-	-0,685	3,014
	<i>Gobioides sagitta</i>	38	5,6	31,2	13	90	0,873	1,473	0,086	0,502	A-	-1,625	2,248
	<i>Porogobius schlegelii</i>	13	6,5	10,1	9	26	0,046	2,575	0,133	0,782	A-	-1,045	2,772
Mugilidae	<i>Neochelon falcipinnis</i>	17	10,7	27,5	36	1000	0,011	3,138	0,247	0,759	A+	-0,565	3,246
Paralichthyidae	<i>Citharichthys stampflii</i>	80	3,6	14,3	10	53	2,486	1,041	0,117	0,456	A-	-1,192	3,557
Cynoglossidae	<i>Cynoglossus senegalensis</i>	15	8,7	22,5	25	157	0,022	2,845	0,136	0,766	A-	-1,023	2,136

**Table I:** Length-weight relationship, allometry coefficient, growth type and condition factor of 28 fish species caught in the mangroves of Azagny National Park between March 2019 and February 2020.

N: number; Min: minimum; Max: maximum; a and b: growth parameters; SE (b): standard error of b; r<sup>2</sup>: coefficient of determination; A: allometry; I: Isometry



**Figure 2:** Distribution of b value for length-weight relationships in 28 fish species caught in ANP mangroves between March 2019 and February 2020.

### Discussion

Allometry coefficients (b) ranged from 0.413 for *Chrysichthys maurus* to 4.272 for *Labeo coubie* with a mean of  $2.384 \pm 0.810$ . This mean value is significantly different from 3 (Student's t-test:  $p < 0.05$ ). This is in contrast to the results obtained by Mikembi et al. (2019) for 13 species and Dembe et al. (2020) for 16 fish species in Congo but does not differ from observations made in Ivory Coast for 15 fish species exploited in the Ebrié Lagoon (Nobah et al., 2019). In addition, the allometry coefficient is significantly less than 3 for most species (Table 1). The values of this coefficient for *Distichodus rostratus* (3.02) and for *Hepsetus odoe* (3.03) are not significantly different from 3

(Student's t-test:  $p = 0.05$ ), indicating isometric growth. In contrast, *Labeo coubie*, *Neochelon falcipinnis*, *Parachanna obscura* and *Polydactylus quadrifilis* have positive allometric growth resulting in a  $b$  coefficient greater than 3 (Student's t-test:  $p < 0.05$ ). This indicates better growth in weight than in length of these species (Da et al., 2018). Indeed; fish with positive allometric growth, are heavier reflecting optimal growth conditions. However, this result is contrary to that of Koffi et al. (2014) who worked in the Aby Lagoon in Ivory Coast and Dembe et al. (2020) in the Mvassa Lagoon in Congo, who reported negative allometry for these fish. These changes in growth patterns can be justified by environmental parameters related to the changing hydrological regime. For twenty-two (22) species (*Elops lacerta*, *Pellonula leonensis*, *Pellonula vorax*, *Ethmalosa fimbriata*, *Chrysichthys maurus*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Schilbe mandibularis*, *Hemichromis fasciatus*, *Sarotherodon melanotheron*, *Coptodon guineensis*, *Coptodon hybride*, *Coptodon zillii*, *Pelmatolapia mariae*, *Tylochromis jentinki*, *Pomadasys jubelini*, *Monodactylus sebae*, *Trachinotus teraia*, *Awaous lateristriga*, *Gobioides sagitta*, *Porogobius schlegelii*, *Citharichthys stampflii* and *Cynoglossus senegalensis*.), the value of  $b$  is less than 3 (Student's t-test:  $p < 0.05$ ) and shows that the growth of these fishes is of negative allometric type characterized by a growth in length more important than the growth in weight. Similar results were observed by Kamelan et al. (2014) and N'Dri et al. (2020), in Taï National Park and Lake Buyo, respectively. On the other hand, this result is different from the work of Hazoume et al. (2017) in the Sô River in Benin where the value of the coefficient  $b$  indicates a positive allometry for most of the species in the said river.

The generally accepted norms for the allometry coefficient are between 2 and 4 (Bagenal and Tesch, 1978). Thus, except for a few samples, the various values observed in the present study are in accordance with those usually reported and accepted in the literature. The low values of the allometry coefficient ( $b < 2.5$ ) observed in the ANP mangroves could be related to a narrow sample size range. According to Yakubu et al. (2016), the allometry coefficient is related to the quality of the aquatic environment. Indeed, mangroves undergo a galloping demographic pressure through domestic discharges and canalization with direct discharges into the environment impacting the growth of species. These mangroves are like nursery and spawning areas, sheltering an important proportion of fish resources and juvenile fish. Therefore, the low values of allometry coefficient can be associated with a food competition by the availability of resources in the environment. Thus, it can be inferred that the low values of allometry coefficient of fish in ANP could be due to the advanced state of degradation an anthropogenic activities, such as overfishing by local fishermen, removal of sand for construction and cutting of firewood and timber. Indeed, the study

area is being an island, the riparian populations have only fished as their main activity, which could also justify the variation of the fish  $b$  coefficient. According to Biswas (1993), the variation of  $b$  in different regions would be due to the physiological conditions of the fish, the time of collection, the sex, the development of the gonads and the nutritive conditions in the fish environment. This variation in allometry coefficient could also be justified by the destruction of food sources leading to their scarcity, thus constraining the ideal growth of fish.

The condition factor ( $K$ ) gives a good idea of the overweight of the fish, i.e. the relative importance of its body mass compared to its length. It is a parameter that allows us to compare species to each other or to the same species in different environments and to characterize the quality of the trophic relationship between the fish and its environment (Kumolu-Johnson and Ndimele, 2010). The condition factor ( $K$ ) in the present study is generally greater than 1, which would mean that fish are doing well in this ecosystem. According to Alhassan *et al.* (2015),

$K \geq 1$  expresses that the fish are in good conditions and  $K < 1$  means that the fish are not overweight in their biotope. On the other hand, the lowest condition factor was observed in *Schilbe mandibularis* (0.935) and the highest in *Chrysichthys maurus* (113.3). Twenty-seven (27) species of mangrove fish namely *Elops lacerta*, *Pellonula leonensis*, *Pellonula vorax*, *Ethmalosa fimbriata*, *Hepsetus odoe*, *Distichodus rostratus*, *Labeo coubie*, *Chrysichthys maurus*, *Chrysichthys nigrodigitatus*, *Hemichromis fasciatus*, *Sarotherodon melanotheron*, *Coptodon guineensis*, *Coptodon hybride*, *Coptodon zillii*, *Pelmatolapia mariae*, *Tylochromis jentinki*, *Pomadasys jubelini*, *Monodactylus sebae*, *Polydactylus quadrifilis*, *Trachinotus teraia*, *Parachanna obscura*, *Awaous lateristriga*, *Gobioides sagitta*, *Porogobius schlegelii*, *Neochelon falcipinnis*, *Citharichthys stampflii* as well as *Cynoglossus senegalensis* had their  $K$ -values outside the range (2.4 - 4.8) recommended as appropriate for mature freshwater fish by Bagenal and Tesch (1978). The condition factor values obtained in the present study show that the species studied were in good conditions in the PNA mangroves. This was not the case in *Schilbe mandibularis*. These results are similar to those found in the twenty-four fish species where  $K$  values are greater than 1, except in *Mormyrus rume* (0.79) in Lake Buyo (N'Dri *et al.*, 2020). This difference would be related to species, sex and diet. On the other hand, Konan *et al.* (2014) showed that the high values of condition factor  $K$  could be explained by the presence of a diverse and abundant diet in the environment.

## Conclusion

The present study, which provides information on the length-weight relationships and condition factors of 28 fish species, provides information on

the biology of the fish fauna of the mangroves of the ANP. It mainly provides an important database for researchers and nature managers in the development of management and conservation measures for mangrove fish populations. Indeed, the knowledge of the length-weight relationship and the condition factor of the species targeted by this study, because it allows to put at the disposal of the decision-makers, data likely to help in the elaboration of measures of optimal and sustainable management of the mangrove ecosystems of the ANP. In the Azagny mangroves, the present study noted 2 species of fish showing isometric growth, 4 species showing positive allometry and 22 species showing negative allometry. Most of the species studied have et good weight. The mangroves, because of their richness in biodiversity are widely exploited by man. However, in the face of the galloping demographic growth of the populations of the Azagny area, these ecosystems are increasingly threatened and / or overexploited. It is therefore necessary to draw the attention of the populations to the importance of these areas and the aquatic organisms that live there for the sustainability of aquatic biodiversity.

This work was carried out within the framework of the Strategic Support Program for Scientific Research (PASRES) doctoral research project N°199 entitled "Conservation status of aquatic biodiversity in Azagny National Park (Ivory Coast)". This project was financed by the PASRES. The authors would like to thank all the people who participated in the collection of data in the field and the researchers who contributed significantly to the work.

### References:

1. Avenard J.M., Eldin M., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet J.L., Adjanohoun E. & Perraud A. (1971). (eds). *Le Milieu Naturel de Côte d'Ivoire, Mémoire ORSTOM, France*, pp 7- 70.
2. Alhassan E H., Akongyuure D N. & Asumang F. (2015). Determination of Morphometric Relationship and Condition Factors of Four Cichlids from Golinga Reservoir in Northern Region of Ghana. *Online Journal of Biological Science*, 15(3): 201-206.
3. Barbier E.B., Hacker S.D., Kennedy C., Koch E.W., Stier A. & Silliman B.R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs* 81(2): 169-193.
4. Baby F., Tharian J., Abraham K M., Ramprasanth M R., Ali A. & Ranghavan R. (2011). Length-weight relationship and condition factor of an endemic stone sucker, *Garra gotyla Stenorbynchus* (Jerdon, 1849) from two opposite flowing rivers in southern Western Ghats. *Journal of threatened taxa* 3(6): 1851-1855.
5. Bagenal T.B. (1978). Age and growth (chapter 5). In: *Methods for assessments of fish*



- production in fresh water (Bagenal T., ed), IBP Handbook. Blackwell Scientific Publication, Oxford: 101-136.
6. Batiabo M.A.L, Ibala Z.A., Mamonekene V., Dembe L.T.H., Poaty N.F.H. & Voudibio J. (2019). Relations longueurs-poids et coefficients de condition pour 13 espèces de poissons de la rivière Dzoumouna, affluent du cours inférieur du fleuve Congo (République du Congo). *Journal of Animal and Plant Sciences* 39(1): 6384-6393.
  7. Biswas S.P.L. (1993). Manual of methods in fish biology South Asian Publisher. 60-63
  8. Bolognini L., Domenichetti F., Grati F., Polidori P., Scarcella G. & Fabi G. (2013). Weight-Length Relationships for 20 Fish Species in the Adriatic Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13: 555-560.
  9. Bouichou A. (1978). Etude géographique de la réserve d'Azagny et son environnement anthropique. Mémoire de Maîtrise, Université de Paris VIII .79 p.
  10. Da Costa S. & Arajo, F.G. (2003). Length-weight relationship and condition factor of *Micropogonias furnieri* (Desmarest) (Perciformes, Sciaenidae) in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro State, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20 (4): 685-690
  11. Da N., Ouédraogo R. & Ouéda A. (2018). Weight-length relationship and condition factor for *Clarias anguillaris* and *Sarotherodon galilaeus* fished in Lake Bam and the Kompienga reservoir in Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12: 1601-1610.
  12. Dembe L.T.H., Ibala Z.A., Goma-Tchimbakala J., Batiabo M.L., Poaty N.H.F. & Mamonekene V. (2020). Effets saisonniers sur les relations poids-longueurs et coefficients de condition pour 16 espèces de poissons de la Lagune Mvassa, basse Guinée, République du Congo. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 44(1): 7
  13. Duarte C.M., Agusti S., Barbier E.B., Britten G.L., Castilla J.C., Gattuso J-P., Fulweiler R.W., Hughes T.P., Knowlton N., Lovelock C.E., Lotze H.K., Predragovic M., Poloczanska E., Roberts C. & Worm B. (2020). Rebuilding marine life. *Nature*, 580: 39-51.
  14. Égnankou W. M. (2009). Réhabilitation des mangroves comprises entre Fresco et Grand Lahou en Côte d'Ivoire : Zones importantes pour la pêche, In : « L'importance des forêts de mangrove pour la pêche, la faune sauvage et les ressources en eau en Afrique », *Nature et faune*, FAO, 24 (1) : 85-93.
  15. Gilman E.L., Ellison J., Duke N.C. & Field C. (2008). Threats to mangroves from climate change and adaptation options: a review. *Aquatic botany*, vol. 89, pp 237-250.

16. Giri C., Ochieng E., Tieszen L.L., Zhu Z., Singh A., Loveland T., Masek J. & N. Duke. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*. 20: 154 -159.
17. Hazoume RUS., Chikou A., Koudenoukpo C., Adite A., Bonou C A. & Mensah G A. (2017). Length-weight relationships of 30 species of fish of the river Sô in Benin (West Africa). *International Journal of Fisheries and Aquaculture Studies*, 5(3): 514-519.
18. Hossain M Y., Mosaddequr R M d., Fulanda B., Jewel M A S., Ahamed F. & Ohtomi J. (2012). Length-weight and length-length relationships of five threatened fish 196 species from the Jamuna (Brahmaputra River tributary) River, northern Bangladesh. *Journal of Applied Ichthyology* 28: 275-277
19. Ibala Z.A., Vreven E., Mamonekene V., Musschoot T., Poaty Ngot H.F. & Snoek J. (2020). Length-weight relationships of 37 freshwater fish species from the Lefini River, middle Congo River basin (Republic of the Congo). *Journal of Applied Ichthyology* 00: 1-6.
20. Lalèyè P A. (2006). Length-weight and length-length relationships of fishes from the Ouémé River in Bénin (West Africa). *Journal of Applied Ichthyology* 22 (4): 330-333.
21. Le Cren E D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20: 201-219.
22. Lévêque C, Paugy D & Teugels G G. (1990). Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Volume 1, MRAC (Tervuren), ORSTOM (Paris), *collection faune tropicale*, 28: 384 pp.
23. Kamelan T.M., Berté S., Bamba M., Yao S.S., N'Zi K.G. & Kouamélan E.P. (2014). Spatio-temporal patterns of fish assemblages and influential environmental gradients in a West African basin (Tai National Park, Côte d'Ivoire). *Eur. J. Sci. Res*, 121 (2): 145-160.
24. Koffi K.B., Berté S. & Koné T. (2014). Length-weight Relationships of 30 Fish Species in Aby Lagoon, Southeastern Côte d'Ivoire, *Current Research Journal of Biological Sciences* 6 (4): 173-178.
25. Kumolu-Johnson C.A. & Ndimele P.E. (2010). Length-Weight Relationships and Condition Factors of Twenty-One Fish Species in Ologe Lagoon, Lagos, Nigeria. *Asian Journal of Agricultural Sciences*, 2(4): 174-179.
26. Mikembi A., Mamonekene V., Tenda H, Ngot F. & Voudibio J. (2019). Relations longueurs-poids et coefficients de condition pour 13 espèces de poissons de la rivière Dzoumouna, affluent du cours inférieur du fleuve Congo (République du Congo). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 39 (1), 6384-6393.

27. N'Dri O.R., Konan Y.A., Bamba M., Monney A. I. & Koné T. (2020). Length-weight relationships and condition factor of twenty-four freshwater fish species from lake Buyo, Côte D'Ivoire. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15: 27-34.
28. Paugy D., Lévêque C. & Teugels G.G. (2003a). Faune des Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, volume 1. *Collection faune tropicale 40*. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) (Paris, France) MRAC et MHN 457 p.
29. Paugy D., Lévêque C. & Teugels G. G. (2003b). Faune des Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, volume 2. *Collection faune tropicale 40*. Institut de Recherche pour le Développement (IRD) (Paris, France) MRAC et MHN 815 p.
30. UNEP. (2014). *The importance of mangroves to people: a call to action*. Van Bochove J., Sullivan E., Nakamura T. [Eds.]. United Nations Environment Program World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, 128 pp.
31. Yakubu Y.I., Oluranti B N., Ewutanure J. & Rilwan U. (2016). Food Habit and Growth Pattern of *Oreochromis niloticus* in Wase Dam, Nigeria. *Nature and Science*, 14(12): 46-49. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11160-009-9152-z>
32. Youmbi T.J., Djama T. & Gabche C.E. (1991). Reproductive patterns of *Sardinella maderensis* with emphasis on Cameroon Fish byte, 7 (3):13.

**Dynamique du carbone organique du sol et de l'azote dans une chronoséquence de plantation de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. (Fabaceae), à Bambou-Mingali (République du Congo)**

*Mankessi François, Maître-Assistant*

Ecole Normale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie. Université Marien N'GOUABI. Brazzaville Congo.

*Malonga Kiantouba Merveillia Gilfarde, Etudiante*

Ecole Normale Supérieure. Laboratoire de Télédétection et Ecologie Tropicale. Université Marien N'GOUABI. Brazzaville Congo

*Ifo Suspense Averti, Maître de Conférences Cames*

Ecole Normale Supérieure. Laboratoire de Télédétection et Ecologie Tropicale. Université Marien N'GOUABI. Brazzaville Congo

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n8p172](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p172)

Submitted: 10 January 2022  
Accepted: 02 February 2022  
Published: 28 February 2022

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

*Cite As:*

François M., Merveillia Gilfarde M.K., Averti Suspense I.,(2022). *Dynamique du carbone organique du sol et de l'azote dans une chronoséquence de plantation de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. (Fabaceae), à Bambou-Mingali (République du Congo)* European Scientific Journal, ESJ, 18 (8), 172.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p172>

**Résumé**

Dans le contexte international de réchauffement global, plusieurs initiatives sont prises par les pays, les organismes internationaux pour apporter une réponse appropriée qui permettrait de limiter la hausse de la température à 1,5° C, comme le recommande le rapport 1,5° du GIEC. La République du Congo est un pays fortement engagé dans les questions de lutte contre les changements climatiques à travers la gestion durable de ses forêts, la mise en place des plantations domaniales et industrielles, à base d'espèces endogènes et exotiques à croissance rapide dont de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. Pour évaluer l'impact des plantations de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth sur la restitution du carbone et de l'azote au sol, une étude portant sur la dynamique du carbone et de l'azote organique du sol dans les plantations de la réserve foncière de Bambou-Mingali a été réalisée. Des

échantillons de sol ont été prélevés sur les horizons 0-15 cm et 15-30 cm, d'une chronoséquence de 2, 3, 4, 5, 6, 7, et 8 ans de celles-ci ainsi que sur une savane pure, conformément aux directives du GIEC qui encouragent de collecter les échantillons sol entre 0 et 30 cm de profondeur. L'objectif général de ce travail a été d'évaluer le stock de carbone organique du sol sur une chronoséquence de sept âges de plantations de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth.

---

**Mots clés** : *Acacia auriculiformis*, teneurs en carbone, teneurs en azote, stocks de carbone, Bambou mingali (Congo).

## **Soil organic carbon and nitrogen dynamics in a chronosequence of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. (Fabaceae), at Bamboo-Mingali (Republic of Congo)**

*Mankessi François, Maître-Assistant*

Ecole Normale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie. Université Marien N'GOUABI. Brazzaville Congo.

*Malonga Kiantouba Merveillia Gilfarde, Etudiante*

Ecole Normale Supérieure. Laboratoire de Télédétection et Ecologie Tropicale. Université Marien N'GOUABI. Brazzaville Congo

*Ifo Suspense Averti, Maître de Conférences Cames*

Ecole Normale Supérieure. Laboratoire de Télédétection et Ecologie Tropicale. Université Marien N'GOUABI. Brazzaville Congo

---

### **Abstract**

In the international context of global warming, several initiatives are taken by countries, international organizations to provide an appropriate response that would limit the rise in temperature to 1.5 ° C, as recommended by the 1.5 report of the IPCC. The Republic of the Congo is a country strongly committed to issues of the fight against climate change through the sustainable management of its forests, the establishment of state and industrial plantations, based on endogenous and exotic species with rapid growth, including *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. To assess the impact of *Acacia auriculiformis* A. Cunn plantations. ex Benth on the return of carbon and nitrogen to the soil, a study on the dynamics of carbon and organic nitrogen in the soil in the plantations of the Bambou-Mingali land reserve was carried out. Soil samples were taken on the 0-15 cm and 15-30 cm horizons, with a chronosequence of 2, 3, 4, 5, 6, 7, and 8 years of these as well as on a pure savanna, in accordance with IPCC guidelines which encourage collecting soil samples between 0 and 30 cm depth. The general objective of this work was

to assess the stock of organic carbon in the soil over a chronosequence of seven planting ages of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth..

The soil samples collected by horizon and by plot were sieved, dried and conditioned in plastic bags for laboratory determination of carbon and total nitrogen by the Walkey and Black and Kjeldahl methods, respectively. The results obtained revealed an age effect on the nitrogen ( $P = 0.07619$ ), carbon ( $P = 0.0050$ ) and carbon stock ( $P = 0.0067$ ) contents. The nitrogen and carbon contents as well as the soil organic carbon stocks were higher in the 8-year-old plantation with averages of  $1.25 \pm 0.33$  mgN respectively. g<sup>-1</sup>;  $15.87 \pm 6.08$  mgC.g<sup>-1</sup> and  $28.70 \pm 9.48$  t.ha<sup>-1</sup> and lower in the 6-year-old plot respectively at  $0.93 \pm 0.05$  mgN.g<sup>-1</sup>;  $7.87 \pm 0.58$  mgC.g<sup>-1</sup> and  $15.57 \pm 1.31$  t.ha<sup>-1</sup>. The study also revealed a horizon effect on carbon and nitrogen contents with respective P-values of 0.0019 and 0.00015. The H0 horizon (0-15 cm) presented the highest stocks whatever the age of the plantation with an average of  $32.98 \pm 6.56$  t.ha<sup>-1</sup> in the 8-year-old plot against  $16, 46 \pm 1.13$  t.ha<sup>-1</sup> in the 6-year-old plot and on the H1 horizon (15-30 cm) an average of  $24.42 \pm 11.26$  t.ha<sup>-1</sup> in the 8-year-old plot against  $14, 69 \pm 0.83$  t.ha<sup>-1</sup> in the 6-year-old plot. Also the C / N ratio is influenced by the age (P-value = 0.008) of the plantation and not by the horizon (P-value = 0.1243). Whatever the parameter considered, it emerges that age influences the return of carbon and nitrogen to the soil. Thus, there is an accumulation of carbon in the plantations of the *Acacia auriculiformis* chronosequence.

---

**Keywords:** *Acacia auriculiformis*, carbon contents, nitrogen contents, carbon stocks, Bambou mingali (Congo).

## Introduction

Les forêts naturelles et plantées constituent un ensemble important dans la stratégie d'atténuation au changement climatique, dans la mesure où elles peuvent avoir selon leur mode de gestion un impact positif sur le climat (Bello et al., 2017). En République du Congo, de travaux menés dans le littoral congolais, portant sur l'impact de l'afforestation sur l'accumulation du carbone organique du sol dans les plantations intégrant des aspects de la géochimie confirmait l'hypothèse de l'accumulation de la matière organique d'origine ligneuse en remplacement de la matière organique originelle dominée par les herbacées, la dynamique du renouvellement de la matière organique issue de la savane par celle venant des apports forestiers (Bernhard-Reversat, 1993). En effet, il est reconnu que les forêts à croissance ont une grande potentialité à capter le carbone atmosphérique pour leur métabolisme (Vallet, 2015). Le carbone ainsi capté synthétisé en hydrates de carbone est transféré dans le compartiment sol par deux moyens: l'apport de la litière aérienne et la rhizodéposition (Herintsitohaina Razakamanarivo, 2009; Kooke

et *al.*, 2019; Ifo, 2010). Cette quantité de carbone emmagasinée constitue un indicateur de bonne politique de gestion forestière dans un contexte de développement durable (Tremblay et *al.*, 1999).

Les sols sont une ressource vitale qui permet de stocker le carbone atmosphérique. En tant que réservoir essentiel de carbone, les sols ont un rôle primordial dans la lutte contre l'augmentation de la concentration des Gaz à Effet de Serre (GES) dans l'atmosphère (GIEC, 2014; FAO, 2020). Ils contiennent un stock estimé à environ 1500-2000 Gt de Carbone (Akerman, 2013; FAO, 2002). Le débat actuel sur le maintien des stocks de carbone conduit à militer au niveau scientifique pour une augmentation de 4 % an<sup>-1</sup> de stocks qui compenserait des émissions annuelles de CO<sub>2</sub> des écosystèmes terrestres (Akerman, 2013, GIEC 2019). Cet enjeu permet alors de mieux présenter l'intérêt de connaître, conserver et gérer le Carbone (C) des sols.

*Acacia Auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. est une espèce à croissance rapide fixatrice de l'azote atmosphérique grâce à une symbiose que celui-ci établit avec les bactéries symbiotiques. Cette espèce est plus utilisée dans les systèmes de production climato intelligent, dans les plantations à but bois énergie mais également dans la production de la pâte à papier (Procès et *al.*, 2017). Plusieurs études relatives à la séquestration du carbone organique du sol ont été réalisées sur le territoire national congolais (Namri, 1996; Namri et Schwartz, 1998; Ifo, 2010; Batsa et *al.*, 2017; Loumoni, 2018) mais ces études ne portent essentiellement que sur les forêts naturelles et les savanes. Cependant, la littérature rapporte de nombreux travaux de recherche sur les stocks de carbone du sol sous plantations de *Acacia* sp. en Asie (Zhang et *al.*, 2018) et en Afrique (Kasongo et *al.*, 2009; Kalima, 2018; Kooke et *al.*, 2019; Tonouéwa et *al.*, 2019). Au niveau local des études menées sur le carbone dans les plantations de *Acacia* sp. (Bernhard-Reversat, 1993; Makaya, 2014) se sont plus focalisées sur le pool aérien; ce qui dénote une insuffisance d'études sur le carbone organique du sol en plantation. L'objectif général de ce travail est d'apprécier l'évolution du stock de carbone organique du sol sous plantations de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth.

De façon spécifique, il s'agira de: i- déterminer la teneur en azote total et en carbone organique du sol dans une chronoséquence de plantation de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth.; ii- estimer les stocks de carbone organique du sol; iii- suivre la variation des stocks de carbone et d'azote organiques du sol en fonction de différents horizons du sol et de l'âge de la plantation.

## **Matériels et méthodes**

### **Présentation de la zone d'étude**

#### **Localisation**

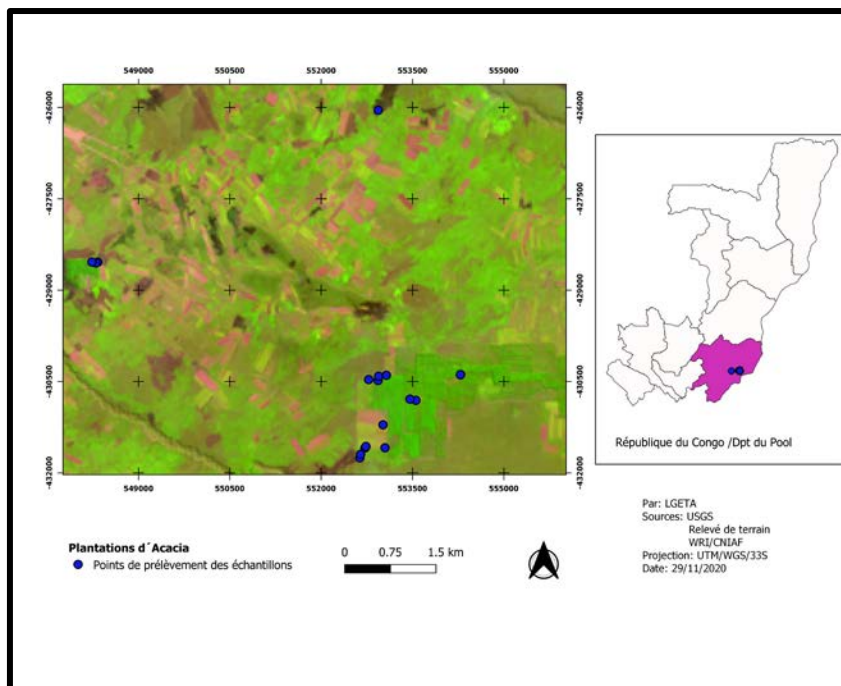
L'étude a été menée dans les plantations de la réserve foncière de Bambou mingali gérées par le Programme National d'Afforestation et de

Reboisement (PRONAR). Bambou mingali est situé à environ 60 Km au Nord de Brazzaville, dans le département du Pool, District d'Ignié sur la marge orientale du Plateau de Mbé, en République du Congo (Figure 1). La réserve foncière domaniale de Bambou mingali occupe une superficie de 2 000 hectares et est pour les populations rurales environnantes, un site d'apprentissage de la gestion du carbone forestier, de la pratique agroforestière en zone de savane et pour la recherche, un lieu d'expérimentation de la capacité de restauration et d'enrichissement des sols par les légumineuses. Ce site fait l'objet de plusieurs études. Son choix a été motivé par la nécessité des recherches multidisciplinaires entreprises.

Le District d'Ignié est caractérisé par une saison sèche marquée de 4 à 5 mois, pendant laquelle les précipitations minimales sont enregistrées de juin à septembre et une petite saison sèche en janvier-février. La grande saison de pluie s'étale d'octobre à mai (Vennetier, 1966). La moyenne annuelle des précipitations est de 1600 mm par an. Les sols de cette zone d'étude sont ferrallitiques typiques de caractère profond avec une structure peu nette possédant des matériaux très poreux (Vennetier, 1966). Ils présentent des traces de lessivage au niveau de l'horizon humifère A2. Dans cette zone d'étude se trouvent aussi des sols podzoliques dotés d'une structure grumeleuse en surface et fragmentaire polyédrique anguleuse en profondeur. Les podzols typiques de la zone d'étude renferment une structure fragmentaire polyédrique subanguleuse d'horizon poreux. Les podzols à horizon Eh de la zone d'étude renferment des horizons humifères d'épaisseurs moyenne de 85 cm (Nzila et al., 2015)

La végétation originelle de la zone d'étude est de type savanicole dominé par *Hyparrhenia diplandra* (Hack.) Sapf., *Bridelia ferruginea* Benth., *Hymenocardia acida* Tul. et *Annona senegalensis* Pers. On y note aussi la présence des herbacées comme *Loudetia demeusei* (De Wild.) C. E. Hubb. et des espèces exotiques comme *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King (Makany, 1976).





**Figure 1:** Localisation de la réserve foncière de Bambou mingali en République du Congo

## Méthodes

### Choix des parcelles et dispositif expérimental

Sept parcelles monospécifiques de *Acacia auriculiformis* âgées de 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 ans ont été sélectionnées dans la réserve foncière de Bambou-Mingali, suivant les critères âge des parcelles, de manière à obtenir une chronoséquence et absence de traces de feu récent. En plus de ces parcelles, une savane bordant lesdites parcelles a été prise comme témoin, dans le but de mieux apprécier l'impact de l'aménagement des savanes de cette zone par le planting de *Acacia auriculiformis*.

### Echantillonnage et dosage du carbone et de l'azote totale

Les échantillons de sols ont été collectés à l'aide d'une tarière pédologique de 15 cm de hauteur et 8,6 cm de diamètre. Ces échantillons ont été prélevés de manière aléatoire sur trois points dans chaque parcelle de la chronoséquence. Le prélèvement a été réalisé sur deux horizons H<sub>0</sub> (0-15 cm) et H<sub>1</sub> (15-30 cm), ce qui fait un total de 48 échantillons de sol pour l'étude. Chaque point de collecte des échantillons de sol a été géoréférencé à l'aide du GPS garmin 44s. Après leur prélèvement, les échantillons de sol ont subi un prétraitement de trie visuel sur le terrain. Les échantillons de sols ont été débarrassés des racines vivantes et mortes avant d'être conditionnés dans des

sacs en plastiques et étiquetés en tenant compte des caractéristiques des parcelles: l'âge, la profondeur de prélèvement et le numéro de la carotte. Une deuxième trie des échantillons de sol prélevés a été fait au laboratoire en utilisant un tamis à maille de 2 mm. La teneur en carbone totale a été déterminée par la méthode de Walkey et Black et la teneur en azote total a été déterminée par la méthode de Kjeldahl, et la densité apparente par la méthode du cylindre.

### 2.3 Calcul du stock de carbone du sol par horizon donné

Le stock de carbone du sol a été déterminé à partir de l'équation, ci-après:

$Qi=Ci \times Da \times ei \times 10$  (Namri, 1996). Equation 1

- $Qi$ , le stock de carbone organique d'une couche  $i$ , en  $kg/m^2$ ,
- $Ci$ , la teneur en carbone organique de la couche, en %,
- $Da$ , la densité apparente de la couche, en  $g.cm^{-3}$ ,
- $ei$ , épaisseur de la couche, en m.

Ensuite les stocks obtenus ont été convertis en tonne par hectare (tC/ha).

### 2.4 Traitement et analyse statistique des données

Les différentes données écologiques collectées sur le terrain dans les parcelles expérimentales, ainsi que les résultats sur les dosages organiques du carbone et d'azote et le carbone total ont été saisies sur le tableur Excel 2013. La valeur du rapport C/N a été estimée à travers les quotients des teneurs de carbone et d'azote.

Les analyses de variance au seuil de 5 % ont été réalisées avec le logiciel R après vérification de la normalité des distributions et d'homogénéité des variances moyennes. Le test de Kruskal-Wallis a été utilisé pour l'analyse de différences des teneurs en carbone, en azote ainsi que des stocks de carbone organique du sol suivant l'âge et les horizons. Le test de Steel-Dwass a été utilisé pour la comparaison de moyennes deux à deux.

## 3 Résultats

### 3.1 Effet horizon sur la teneur en Azote totale

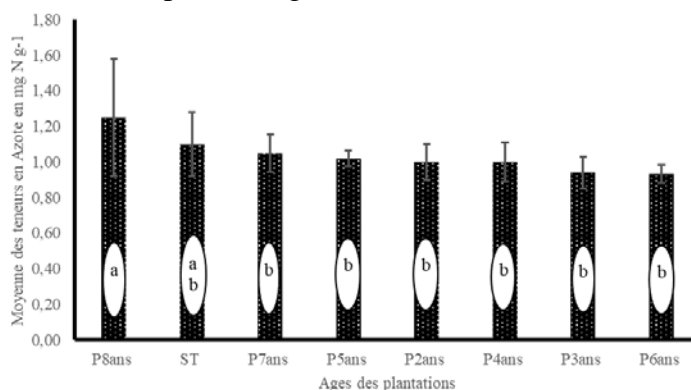
Les résultats obtenus montrent que les teneurs en azote varient d'un horizon à un autre dans chaque parcelle, de  $0,97 \pm 0,06$  mg N  $g^{-1}$  à  $1,40 \pm 0,26$  mg N  $g^{-1}$  sur l'horizon  $H_0$  (0-15cm) et de  $0,90 \pm 0,00$  mg N  $g^{-1}$  à  $1,10 \pm 0,36$  mg N  $g^{-1}$  sur l'horizon  $H_1$  (15-30 cm). Le test de Kruskal Wallis a révélé un effet horizon sur les teneurs en azote (P-value=0,0001). Le test de Steel Dwass a montré qu'il existe une différence significative entre les horizons  $H_0$  ( $11.11^a$ ) et  $H_1$  ( $0.97^b$ ). La distribution des teneurs en azote est consignée dans le Tableau 1:

**Tableau 1:** Distribution des teneurs en Azote en fonction des horizons H<sub>0</sub> (0-15 cm) et H<sub>1</sub> (15-30 cm) du sol et des âges de plantations. Les moyennes sont exprimées en mgN g<sup>-1</sup>

Horizons	Ages des plantations						
	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans
H0 (mg N g <sup>-1</sup> )	1,05±0,07	0,97±0,06	1,07±0,12	1,05±0,07	0,97±0,06	1,13±0,06	1,40±0,26
H1 (mg N g <sup>-1</sup> )	0,97±0,12	0,90±0,14	0,93±0,06	1,00±0,00	0,90±0,00	0,97±0,06	1,10±0,36

### 3.2 Effet de l'âge sur la teneur en Azote

La figure 2 rapporte les teneurs en azote de 0-30 cm. Les moyennes de teneurs en azote totale de plantations âgées de 2 à 8 ans et de la savane témoin sont respectivement égales à 1,00 ± 0,10; 0,94± 0,09; 1,00± 0,11; 1,02±0,04; 0,93±0,05; 1,05±0,10; 1,25±0,33 et 1,10±0,18 mg N g<sup>-1</sup>. La moyenne la plus élevée a été obtenue avec la parcelle de 8 ans et la plus faible dans la parcelle de 6 ans. Le test de kruskal wallis n'a pas montré un effet âge sur les teneurs en azote (P-value= 0,07). Le test de Steel Dwass a révélé une différence significative entre la plantation la plus âgée et le reste des plantations pour le paramètre teneur en azote totale et une différence non significative entre cette parcelle âgée de 8 ans et la savane témoin (Figure 3).



**Figure 2:** Teneurs en Azote totale de 0-30 cm de différentes parcelles. Les barres représentent les écartypes.

### 3.3 Effet horizon sur les teneurs en carbone organique du sol

Les profils de sol suivant la chronoséquence considérée et la savane témoin présentent l'évolution de la quantité de carbone des horizons de surface H<sub>0</sub> vers les horizons profonds H<sub>1</sub>. Dans les différentes parcelles ces teneurs décroissent de la surface vers la profondeur (Tableau II). Ce sont les horizons superficiels H<sub>0</sub> qui présentent les teneurs les plus élevées par rapport aux horizons profonds H<sub>1</sub>. Tout comme la teneur en azote, c'est dans la parcelle de 8 ans que la teneur en carbone est élevée et faible dans celle de 6 ans. Le test de kruskal-wallis a révélé un effet horizon (P-value=0,0019) sur les teneurs en carbone. Celui de Steel Dwass a montré une différence

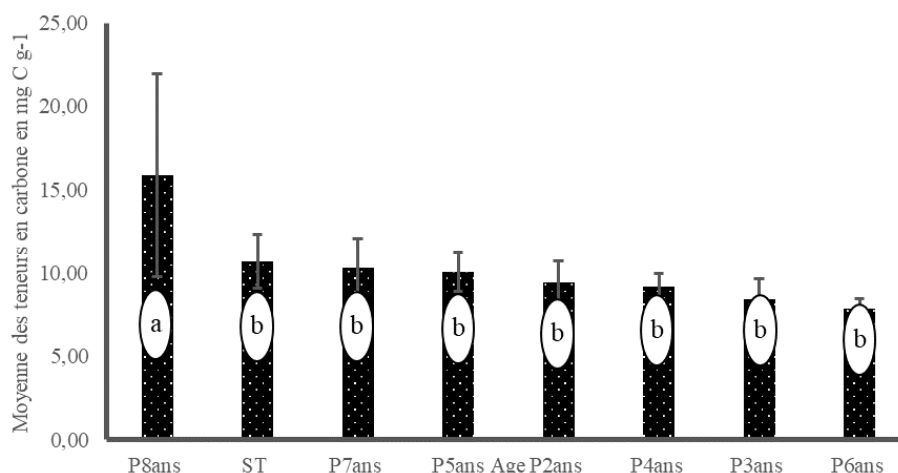
significative entre les horizons H0 (11,18a mg C g<sup>-1</sup>) et H1 (9,29b mg C g<sup>-1</sup>). La distribution des teneurs en Carbone est consignée dans le Tableau 2:

**Tableau 2:** Distribution des moyennes des teneurs en carbone organique des horizons H<sub>0</sub> (0-15cm) et H<sub>1</sub> (15-30cm) de différentes parcelles.

Horizons	Ages des plantations						
	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans
H0 (mg C g <sup>-1</sup> )	10,43±1,00	8,63±0,47	9,57±0,90	10,83±0,31	8,27±0,50	11,50±1,32	18,33±4,92
H1 (mg C g <sup>-1</sup> )	8,47±0,60	8,27±1,86	8,83±0,60	9,27±1,17	7,47±0,32	9,10±1,21	13,40±7,08

### 3.4 Effet de l'âge de plantations sur les teneurs en carbone organique

Les teneurs en carbone organique sur l'horizon 0-30 cm suivant l'âge de la plantation sont représentées dans la figure 3. La plus faible valeur est notée dans la parcelle de 6 ans qui est de 7,87±0,58 mg C g<sup>-1</sup> et la plus élevée dans la parcelle de 8 ans avec une valeur de 15,87±6,08 mg C g<sup>-1</sup>. Aussi les parcelles âgées de 2 à 7ans et celle de la savane témoin ont respectivement une valeur de 9,45±1,31; 8,45±1,23; 9,20±0,79; 10,05±1,15; 10,30±1,74 et 10,68±1,60 mg C g<sup>-1</sup>. Le test de kruskal wallis a révélé un effet âge de la plantation (P-value=0,005) sur les teneurs en carbone organique. De même le test de Steel Dwass a montré une différence significative entre la parcelle la plus âgée et le reste des parcelles.



**Figure 3:** Moyennes des teneurs en carbone en fonction des âges de de la chronoséquence. Les barres représentent les écartypes.

### 3.5 Répartition du stock de carbone organique par horizons

Les résultats obtenus montrent que la quantité de carbone organique cumulé dans chaque parcelle diminue avec la profondeur (Tableau

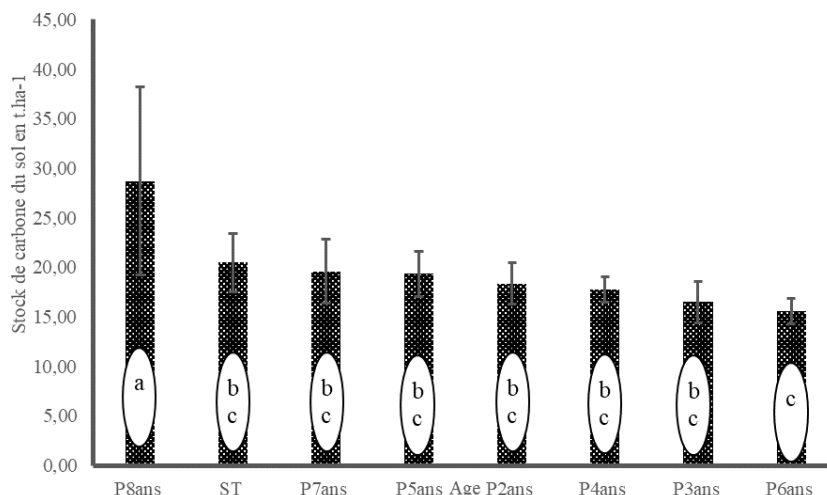
3). Sur les 15 premiers centimètres on note une moyenne de  $19,87 \pm 1,44$  t.ha<sup>-1</sup> dans la parcelle de 2 ans (P2ans),  $16,86 \pm 0,66$  dans P3ans;  $18,41 \pm 1,41$  dans P4ans;  $20,87 \pm 0,55$  dans P5ans;  $16,46 \pm 1,13$  dans P6ans;  $21,76 \pm 2,42$  dans P7ans;  $32,98 \pm 6,56$  dans P8 ans et  $22,30 \pm 2,15$  t.ha<sup>-1</sup> dans la savane témoin; c'est donc P8ans qui a le stock le plus élevé et P6ans le stock le plus faible. De plus de 15-30 cm on a  $16,84 \pm 1,30$  t.ha<sup>-1</sup> dans P2ans;  $16,16 \pm 3,20$  dans P3ans;  $17,17 \pm 1,02$  dans P4ans;  $17,82 \pm 2,36$  dans P5ans;  $14,69 \pm 0,83$  dans P6ans;  $17,45 \pm 2,63$  dans P7ans;  $24,42 \pm 11,26$  dans P8ans et  $18,63 \pm 2,52$  t.ha<sup>-1</sup> dans la savane témoins; avec la moyenne la plus élevée dans P8ans et la plus faible dans P6ans. Le test de Kruskal-Wallis a montré un effet horizon sur les stocks de carbone organique. Le test de Steel Dwass a montré qu'il existe une différence significative entre l'horizon H<sub>0</sub> et H<sub>1</sub> avec (P-value=0,002).

**Tableau 3:** Distribution des moyennes de stocks de carbone organique des horizons H<sub>0</sub> (0-15 cm) et H<sub>1</sub> (15-30 cm) de différentes parcelles.

Horizons	Ages des plantations						
	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans
H0 (t.ha <sup>-1</sup> )	$19,87 \pm 1,44$	$16,86 \pm 0,66$	$18,41 \pm 1,41$	$20,87 \pm 0,55$	$16,46 \pm 1,13$	$21,76 \pm 2,42$	$32,98 \pm 6,56$
H1 (t.ha <sup>-1</sup> )	$16,84 \pm 1,30$	$16,16 \pm 3,20$	$17,17 \pm 1,02$	$17,82 \pm 2,36$	$14,69 \pm 0,83$	$17,45 \pm 2,63$	$24,42 \pm 11,26$

### 3.6 Stocks de carbone organique du sol de 0-30 cm des parcelles échantillonnées

Tout comme les teneurs en carbone les stocks de carbone sont plus élevés dans la P8ans qui est égal à  $28,70 \pm 9,48$  t.ha<sup>-1</sup> suivi de la savane témoin  $20,46 \pm 2,90$ ; P7ans  $19,61 \pm 3,27$ ; P5ans  $19,34 \pm 2,27$ ; P2ans  $18,36 \pm 2,06$ ; P4ans  $17,79 \pm 1,29$ ; P3ans  $16,51 \pm 2,10$  et P6ans avec une moyenne de  $15,57 \pm 1,31$  t.ha<sup>-1</sup>. Les moyennes des stocks de carbone total sont présentées par la figure 4. Le test de Kruskal-Wallis a montré un effet âge de la plantation (P-value=0,006) sur le stock de carbone organique du sol. Le test de Steel Dwass a révélé une différence significative entre la parcelle de 8 ans, 6 ans et le reste des parcelles.



**Figure 4:** stocks de carbone organique du sol de 0- 30 cm des huit parcelles échantillonnées.

### 3.7 Rapport C/N

Les données brutes des teneurs en carbone et en azote totale obtenues dans les plantations de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. âgées de 2 à 8 ans ont donné lieu au calcul du rapport C/N (Tableau 4). Suivant l'âge, ces résultats révèlent que ce rapport est élevé dans la parcelle de 8 ans et faible dans celle de 6 ans.

**Tableau 4:** Rapport C/N

Âges de la plantation	Horizons	C (%)	N (%)	Rapport C/N	Total C/N
P2ans	H0	1,04	0,10	10,40	9,45
	H1	0,85	0,10	8,50	
P3ans	H0	0,86	0,10	8,60	8,91
	H1	0,83	0,09	9,22	
P4ans	H0	0,96	0,11	8,72	9,25
	H1	0,88	0,09	9,77	
P5ans	H0	1,08	0,11	9,81	9,55
	H1	0,93	0,10	9,30	
P6ans	H0	0,82	0,10	8,20	8,27
	H1	0,75	0,09	8,33	
P7ans	H0	1,15	0,11	10,45	9,78
	H1	0,91	0,10	9,10	
P8ans	H0	1,83	0,14	13,07	12,63
	H1	1,34	0,11	12,18	
ST	H0	1,19	0,12	9,91	9,71
	H1	0,95	0,10	9,50	

### 4 Discussion

Les teneurs en carbone et en azote obtenues dans la chronoséquence de 2 à 8 ans, de cette étude sous plantations de *Acacia auriculiformis* A. Cunn.

ex Benth montrent qu'il existe des différences significatives entre les horizons. En général, les teneurs en carbone et en azote présentent un gradient décroissant de la surface vers la profondeur quel que soit l'âge de la plantation. Ces résultats confirment ceux obtenus par Ifo (2010), Kachaka Yusufu (2014), Kalima (2018), Loumoni (2018) ainsi que Kooke *et al.* (2019). Ces résultats s'expliquent par l'accumulation de la matière organique et la grande activité biologique qui en découle ainsi que la faible prospection du système racinaire en profondeur.

Les teneurs les plus élevées en azote totale et carbone ont été obtenues dans la plantation de 8 ans avec une moyenne de  $1,25 \pm 0,33$  mg N g<sup>-1</sup> et  $10,30 \pm 1,74$  mg C g<sup>-1</sup> et les plus faibles sont observées dans les plantations de 6 ans avec une moyenne en teneurs d'azote et de carbone respectivement de  $0,93 \pm 0,05$  mg N g<sup>-1</sup> et  $7,87 \pm 0,58$  mg C g<sup>-1</sup>. Ces teneurs en carbone sont proches de celles obtenues par Kalima (2018) dans un système agroforestier à base de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. avec des plantations âgées de 2 et 4 ans (2,02 %; 2,21 % et 2,23 %), résultats d'une faible chute de litière et d'un faible taux de décomposition de la litière (Kalima, 2018). Bernhard-Reversat (1996), Partey *et al.* (2011) n'ont trouvé aucune augmentation de la fertilité des sols, dans les plantations de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. pendant une courte durée de 7 à 9 ans. Toutefois au-delà de cette période ces auteurs affirment que *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. est susceptible d'améliorer les propriétés physico-chimiques des sols, principalement par l'accumulation importante de litière produite, qui à long-terme pourrait permettre le retour du carbone et de l'azote au sol. Ce retour au sol des nutriments n'est pas constaté au bout de 7 à 9 ans car la vitesse de décomposition de la litière de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. est très lente entraînant par conséquent la faible libération du carbone et de l'azote. Par contre, d'autres auteurs comme Isaac *et al.* (2010) ont constaté un enrichissement en carbone et en azote des sols sous *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. après 4 ans de plantations. De même Kasongo *et al.* (2009), grâce à la plantation de l'acacia ont obtenus des teneurs six fois plus élevées dans un peuplement de 17 ans, par rapport aux conditions en savane. Ces résultats seraient influencés par les densités de plantation, 714/ha pour la parcelle de 8 ans et 1428/ha pour la parcelle de 6 ans.

Aussi, il sied de signaler qu'avec le manque d'entretien et de contrôle les plantations de Bambou-Mingali sont souvent sujettes aux feux incontrôlés. Ces feux de savane peuvent être dangereux pour les acacias car, ces espèces sont sensibles au feu, détruisant ainsi la matière organique apportée à la surface via la litière ainsi que les exsudats racines. La contribution non relative de ces apports influence les teneurs en carbone et en azote du sol. D'après Sente (2011), la volatilisation des minéraux dans l'atmosphère par le feu peut être très importante et peut donc influencer le retour des nutriments de la

végétation au sol, ce qui peut dans le cas de feux fréquents, mener à long terme à un appauvrissement de ces sols. L'impact du feu sur les *acacias* est donc variable et dépend surtout de la durée et de l'intensité du feu. Cependant, le passage de ces feux peut induire des changements dans la composition chimique des sols et donc expliquer les résultats de cette présente étude.

Aussi, une attention particulière est donnée sur les sols de savane (sans acacias) de notre étude qui ont montré des teneurs en azote ainsi qu'en carbone similaires voir élevés aux teneurs sous les plantations de *Acacias*. L'apport de la fixation de l'azote 2 à 8 ans après plantation semble donc négligeable. La littérature relève que plusieurs facteurs sont susceptibles d'influencer l'apport de la fixation de l'azote. Parmi ces facteurs nous avons la végétation dominée par des espèces comme *Hyparrhenia diplandra* (Hack.) Sapf., *Bridelia ferruginea* Benth.; *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King, *Annona senegalensis* Pers. qui sont responsables de la fertilité (Kachaka Yusufu, 2014).

Suivant les horizons, les stocks de carbone des horizons  $H_0$  sont supérieurs à ceux des horizons  $H_1$ . L'importance du carbone organique dans les quinze premiers centimètres peut s'expliquer par la teneur en matière organique accumulée à ce niveau par la litière, la biomasse racinaire et la stabilité des colloïdes organiques (Atchada et al., 2018).

La présente étude a révélé que les stocks de carbone du sol dans les plantations de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth sont influencé par l'âge de la plantation. En effet, la parcelle la plus âgée (8 ans) a stocké plus de carbone et le plus faible stock de carbone a été noté dans la plantation de 6 ans. D'après Thompson et al. (2003), plus l'arbre est âgé, plus il séquestre du carbone ce qui n'est pas le cas pour notre étude car la plantation la moins âgée (2 ans) a stocké plus de carbone dans le sol que la plantation de 6 ans. Les stocks de carbone dans les sols obtenus varient de  $15,57 \pm 1,31$  à  $28,70 \pm 9,48$  tC.ha<sup>-1</sup>, ce qui peut s'expliquer par les densités de plantation. Nos valeurs sont supérieures à celles obtenues par Batsa et al (2017) dans la savane des Plateaux Batéké sur 20 cm ( $08,80$  tC.ha<sup>-1</sup> dans la parcelle de la Léfini contre  $08,00$  tC.ha<sup>-1</sup> dans la parcelle de la Lésio-Louna). Cette grande variabilité des SCOS pourrait être liée au sol dont les propriétés intrinsèques sont très variables, même à l'échelle local (Grinand et al., 2009). De même Kooke et al. (2019) ont montré que les stocks de carbone dans les plantations de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. des forêts classées de Pahou et Ouèdo au Sud du Bénin varient selon le type de sol et des conditions climatiques. De ces résultats, il en ressort que les stocks de carbone varient de  $6,75 \pm 1,41$  à  $25,14 \pm 6,79$  t C/ha dans les plantations de 2 ans ( $14,15 \pm 1,45$ ); 2,5 ans ( $25,14 \pm 6,79$ ); 4 ans ( $6,75 \pm 1,41$  et  $16,66 \pm 1,27$ ); 6 ans ( $16,30 \pm 1,29$ ) et 12 ans ( $9,21 \pm 0,77$ ) sur 60 cm respectivement dans les sols ferrallitique, hydromorphe, lessivé et ferrallitique, ferrallitique et Ferrugineux tropicaux. Ainsi, les stocks de carbone



obtenus par la présente étude corroborent ceux de Kooke et *al.* (2019). De même, la répartition des stocks de carbone peut se traduire par les processus de minéralisation d'après Ifo et *al.* (2017); cette minéralisation s'effectue normalement lorsque le rapport C/N est compris entre 9 et 12, elle devient lente lorsque le rapport C/N est supérieur ou égal à 12. Bationo et *al.* (2007) ajoutent que lorsque le rapport C/N est inférieur à 9 les sols traduisent une décomposition rapide de la matière organique.

Cette étude a révélé un rapport C/N compris dans les sols à décomposition normale pour les plantations de 2ans (9,45); 4 ans (9,25); 5 ans (9,55) 7 ans (9,78) et la savane (9, 71) des sols à décomposition rapide pour les plantations de 3 ans (8,91) et 6 ans (8,27) et celle de 8 ans qui a un rapport C/N égal à 12,63 traduisant une décomposition lente de la matière organique ce qui conduit à une accumulation de la matière organique. Ceci pourrait expliquer le fait que les SCOS soient élevés dans la plantation de 8ans et faible dans la plantation de 6 ans.

## Conclusion

Cette recherche a permis de faire une estimation des stocks de carbone de la sous plantation de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. dans les conditions environnementales de Bambou-Mingali. Les principaux résultats montrent que les teneurs en carbone et en azote sont plus élevées dans la parcelle de 8 ans et plus faible dans la parcelle de 6 ans. En ce qui concerne les stocks de carbone, les plus élevés sont obtenus dans la parcelle de 8 ans et les plus faibles dans la parcelle de 6 ans. Par ailleurs, cette étude a révélé une différence significative entre les stocks de carbone et les horizons. De plus ces plantations n'ont pas permis de définir une influence significative de cette espèce dans les parcelles échantillonnées même s'il existe une différence significative entre l'âge et le stock de carbone. De plus ces résultats ont été confirmés par le rapport C/N traduisant une décomposition lente de la parcelle la plus âgée et elle est rapide dans la parcelle de 6 ans.

Au vu des résultats obtenus relatifs à l'influence tardive, il serait important de (i) élargir la chronoséquence à une tranche d'âge plus élevée de l'ordre de 15 ans voire 20 ans, (ii) prendre en compte les propriétés du sol (structure, la texture, l'infiltration, etc.) car elles ont toute leur importance dans la compréhension des phénomènes qui régissent la restitution des éléments minéraux dans le sol, (iii) faire une corrélation entre le stock de carbone dans la litière et dans le sol suivant l'âge de la plantation, (iv) évaluer l'impact du feu sur les éléments minéraux, (v) analyser les types de microorganismes responsables de la décomposition de la matière organique.

## Remerciements

Les auteurs remercient les autorités de l'Université Marien N'GOUABI pour les différentes facilitations administratives lors des missions sur le terrain et à Pointe Noire. Aussi, nous remercions l'Université pour avoir financé une partie des recherches. Nous remercions aussi la Coordination Nationale du Programme Nationale d'Afforestation et de Reboisement (PRONAR) pour l'autorisation d'accès au site afin d'y collecter les données.

## Conflit d'intérêt

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt.

## References:

1. Akerman A. (2013). Les isotopes du fer comme nouveaux indicateurs de la pression anthropique: cas du bassin Amazonien. *Thèse de doctorat, Université Toulouse 3 Paul Sabatier*, 290 p.
2. Atchada, CC, Zoffoun, AG, Akplo, TM, Azontonde, AH, Tente, AB et Djego, JG. (2018). Modes d'utilisation des terres et stock de carbone organique du sol dans le bassin supérieur de Magou au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12(6): 2818-2829. <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i6.27>
3. Bationo, A., Kihara, J., Vanlauwe, B., Waswa B. et Kimetu, J. (2007). Soil organic carbon dynamics, function and management in West African agro-system. *Agricultural system* 94 (1), 13-25. [10.1016/j.agsy.2005.08.011](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.08.011)
4. Batsa Mouwembe, IFO SA, Malonga Binsangou, S. et Koubouana F. (2017). Variabilité spatiale des stocks de carbone organique du sol des savanes dans les réserves de Lésio-Louna et de Léfini, plateaux Tékés, République du Congo. *Afrique Science* 13(3): 297–307.
5. Bello, OD, Saïdou, A., Ahoton, EL, Ezin, AV, Avaligbe, JFY, Akponikpe, PBI and Aho, N. (2017). Assessment of organic carbon stock in cashew plantations (*Anacardium occidentale* L.) in Benin (West Africa). *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 3(4): 3471-3495.
6. Bernhard-Reversat, F. (1993). Dynamics of litter and organic matter at the soil litter interface in fast-growing tree plantations on sandy ferrallitic soils (Congo). *Acta Ecologica*, 14(2): 179-195.
7. FAO (2002). La séquestration du carbone dans le sol pour une meilleure gestion des terres. Rapport sur les ressources en sols du monde. *FAO, Rome*, 70 p.
8. FAO. (2020). Carbone des sols en Afrique: Impacts des usages des sols et des pratiques agricoles. *Rapport FAO, Rome*, 265 p.

9. GIEC. (2014). Changements Climatiques 2014. *Rapport de synthèse du GIEC*, 161 p.
10. GIEC. (2019). Réchauffement planétaire de 1,5 °C: Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans le contexte du renforcement de la parade mondiale au changement climatique, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté. *Rapport du GIEC*, 27 p.
11. Grinand, C., Rajaonarivo, A., Bernoux, M., Pajot V., Brossard M., Razafimbelo T., Albrecht A., et Le Martret H. (2009). Estimation des stocks de carbone dans les sols de Madagascar. *Étude et Gestion des Sols*, 16(1): 23-33.
12. Herintsitohaina Razakamanarivo, R. (2009). Potentialités de stockage du carbone dans le système plante-sol des plantations d'eucalyptus des hautes terres malgaches. *Thèse de Doctorat en Science du Sol, Centre International d'Études Supérieures en Sciences Agronomiques, Madagascar*, 193 p.
13. Ifo, SA (2010). Apports de carbone au sol et stocks dans deux types forestiers (Forêt Galerie et Forêt Secondaire) des plateaux Téké. *Thèse de Doctorat de l'Université Marien Ngouabi*, 194 p.
14. Ifo, SA., Koubouana, F., Binsangou, S., Ampali, P., et Batsa, M. (2017). Amount of Soil Carbon Stock within Primary and Secondary Forest in the North of the Republic of Congo. *Sustainability in Environment*, 2(2): 159-170.
15. Isaac, ME, Harmand, JM, Lesueur, D. et Lelon, J. (2010). Tree age and soil phosphorous conditions influence N<sub>2</sub>-fixation rates and soil N dynamics in natural populations of *Acacia Senegal*. *Forest Ecology and Management*, 261: 582-588. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.11.011>
16. Kachaka Yusufu, E. (2014). Carbone stocké dans un essai de provenances de *Acacia mangium* à Ibi Village sur le plateau des Batéké en République Démocratique du Congo. *Mémoire pour l'obtention du diplôme de Maîtrise en Agroforesterie, Université Laval*, 91 p.
17. Kalima, W.P. (2018). Influence de l'âge d'un dispositif agroforestier à base de *Acacia auriculiformis* sur la teneur en carbone et la réaction du sol. *Mémoire en vue de l'obtention du grade de master en Sciences agronomiques, Université de Lubumbashi*. 36 p.
18. Kasongo, RK, Van Ranst, E., Verdoodt, A., Kanyankagote, P. and Baert, G. (2009). Impact of *Acacia auriculiformis* on the chemical fertility of sandy soils on the Batéké plateau, D.R. Congo. *Soil Use and*

- Management*, 25: 21-27. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2008.00188.x>
19. Kookle, XK, Ali, R KFM, Djossou, JM et Imorou Toko, I. (2019). Estimation du stock de carbone organique dans les plantations de *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. Des forêts classées de Pahou et de Ouèdo au Sud du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(1): 277-293. <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i1.23>
  20. Loumoni, FP (2018). Dynamique du stock de carbone organique le long d'un transect savane-forêt dense tropicale dans le Département de la Likouala, République du Congo. *Mémoire de Master recherche, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Foresterie, Université Marien N'GOUABI, Congo*, 89 p.
  21. Makaya, HAJ (2014). Rôle des forêts plantées dans la séquestration du carbone: étude du mode d'évaluation du carbone séquestré dans les plantations de *Acacia sp.* et *Eucalyptus sp.* *Mémoire d'Ingénieur de Développement Rural. Ecole Nationale d'Agronomie et de Foresterie, Université Marien N'GOUABI, Congo*, 39 p.
  22. Makany, J. (1976). Végétation des plateaux téké (Congo). *Thèse d'Etat. Paris, Orsay*. 301p
  23. Namri, M. (1996). Les stocks de carbone des sols du Congo. Bilan spatial et recherche des facteurs de répartition. *Mémoire de Maîtrise, Université Louis Pasteur*. 120 p.
  24. Namri, M. et Schwartz D. (1998). Les stocks de carbone des sols du Congo. *Eur. J. Soil Sci.* 25: 157-161.
  25. Nzila, JD, Mbimi, GE et Yallo Mouhamed, S. (2015). Caractérisation morphologique des sols de la réserve foncière du PRONAR à Bambou-Mingali (district d'Ignié, Congo). *Rapport interne IRF, Brazzaville*, 28 p.
  26. Partey, ST, Quashie-Sam, SJ, Thevathasan, NV and Gordon, AM. (2011). Decomposition and nutrient release patterns of the leaf biomass of the wild sunflower (*Tithonia diversifolia*): a comparative study with four leguminous agroforestry species. *Agroforest Syst*, 81: 123-134. [10.1007/s10457-010-9360-5](https://doi.org/10.1007/s10457-010-9360-5)
  27. Sente, A. (2011). Impact de l'*Acacia auriculiformis* sur les propriétés des sols sableux du plateau Batéké, République Démocratique du Congo. *Mémoire de maîtrise, Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale, Université catholique de Louvain*, 98 p.
  28. Thompson, ID, Baker, JA and Ter-Mikaelian, M. (2003). A review of the long-term effects of post-harvest silviculture on vertebrate wildlife, and predictive models, with an emphasis on boreal forests in Ontario,

- Canada. *Forest Ecology and Management*, 177(1-3): 441- 469.  
[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00453-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00453-X)
29. Tonouéwa, JFMF, Assédé, EPS, Biaou, SSH et Natta, AK. (2019). Facteurs déterminant la productivité et la séquestration de carbone de *Acacia auriculiformis* A. Cunningham ex Benth. au Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques*, 342: 17-28.  
<https://doi.org/10.19182/bft2019.342.a31787>
30. Tremblay, S., Ouime, R., Houle, D. (1999). Modèle simple pour estimer la quantité de carbone organique dans les horizons minéraux d'un sol forestier à partir de son relevé pédologique. *Rapport du Gouvernement de Québec. QUEBEC*, 14 p.
31. Vallet, P. (2005). Impact de différentes stratégies sylvicoles sur la fonction "puits de carbone" des peuplements forestiers. Modélisation et simulation à l'échelle de la parcelle. *Thèse de doctorat, Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts, France*, 195p.
32. Vennetier, P. (1966). Géographie du Congo Brazzaville. *Gauthier-Villars – Paris*, 168 p.
33. Zhang, H., Duan, HB, Song, MW, Guan, DS. (2018). The dynamics of carbon accumulation in Eucalyptus and Acacia plantations in the Pearl River delta region. *Annals of Forest Science*, 75(40): 1-13.  
<https://doi.org/10.1007/s13595-018-0717-7>

## **Productivité Et Rôles Socio-Économiques Des Cultures Maraîchères Dans Les Communes De Tibiri Gobir Et De Madarounfa (Niger)**

*Younoussou Rabo,  
Issiaka Issaharou Matchi,  
Maigari Malam Assane,*

Université de Diffa, Faculté des Sciences Agronomiques, Diffa - Niger

*Ali Mahamane,*

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

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n8p188](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p188)

Submitted: 11 November 2021

Accepted: 17 December 2021

Published: 28 February 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Rabo Y., Matchi I.I., Assane M.M., & Mahamane A., (2022). *Productivité Et Rôles Socio-Économiques Des Cultures Maraîchères Dans Les Communes De Tibiri Gobir Et De Madarounfa (Niger)* European Scientific Journal, ESJ, 18 (8), 188.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p188>

### **Résumé**

Le maraîchage est une activité prépondérante qui prend de plus en plus de l'ampleur en milieu urbain et péri-urbain. Les communes urbaines de Madarounfa et Tibiri gobir ne sont pas en reste. Dès lors, l'objectif général de cette étude est d'évaluer la productivité et les rôles socio-économiques des cultures maraîchères sur les sites d'étude. La méthode de collecte des données a essentiellement concerné des enquêtes individuelles et des focus groupes sur chacun des deux (2) sites. Au total 50 producteurs ont été retenus sur chaque site. En vue de confronter les expériences des producteurs, des focus groupes ont été faits. Il ressort de cette étude que dix-huit (18) et dix-sept (17) cultures maraîchères sont pratiquées respectivement à Tibiri gobir et à Madarounfa. Les cultures les plus pratiquées à Madarounfa sont l'oignon avec une proportion de 23% suivi de la tomate (15%), le chou (15%) et de l'anis (15%). Par contre, dans la commune de Tibiri gobir c'est la tomate (28%) qui est la représentée puis viennent l'oignon (18%) et la citrouille (13%). En outre, les cultures qui ont eu les meilleurs rendements sont le manioc, l'oignon et la pastèque. Selon les résultats de cette étude, les cultures les plus rentables sont

l'aubergine et dans une moindre mesure le melon, la citrouille, la pastèque, le manioc, l'oignon et le poivron. Ces cultures peuvent, en effet, procurer jusqu'à 500 000FCFA/ha/cycle. Le maraichage permet non seulement aux producteurs d'assurer leur sécurité alimentaire mais aussi le renforcement des relations sociales à travers des dons.

---

**Mots clés :** Cultures maraîchères, productivité du maraichage, effets socio-économiques, Madarounfa, Tibiri gobir-Niger

## **Productivity and Socioeconomic Roles of Vegetable Cropson The Vegetable Crops Sites of the Communes of Tibiri Gobir and Madarounfa**

*Younoussou Rabo,  
Issiaka Issaharou Matchi ,  
Maigari Malam Assane,*

Université de Diffa, Faculté des Sciences Agronomiques, Diffa - Niger

*Ali Mahamane,*

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

---

### **Abstract**

Market gardening is a predominant activity that is gaining more and more importance in urban and peri-urban areas and the urban communes of Madarounfa and Tibiri gobir are not to be outdone. Therefore, the main aim of this study is to assess the productivity and socioeconomic roles of market gardening at the study sites. The data collection method mainly concerned structured and semi-structured surveys. A total of 50 producers were selected on each site. In order to compare the experiences of producers, focus groups were held. Then, in order to compare the experiences of producers, focus groups were held. It emerges from this study that eighteen (18) and seventeen (17) vegetable crops are cultivated respectively in Tibiri gobir and Madarounfa areas. The most common crops in Madarounfa are onion with a proportion of 23% followed by tomato (15%), cabbage (15%) and anise (15%). On the other hand, in the municipality of Tibiri gobir it is the tomato (28%) that is represented, followed by the onion (18%) and the pumpkin (13%). On the other hand, the crops that have had the best yields are cassava, onion and watermelon. According to the results of this study, the most profitable crops are eggplant and to a lesser extent melon, pumpkin, watermelon, cassava, onion and peppers. These crops can, in fact, provide up to 500,000FCFA / ha. Market gardening not only allows producers to ensure

their food security but also the strengthening of social relations through donations.

---

**Keywords:** Vegetable crops, productivity, social benefit, Madarounfa, Tibiri gobir

## **Introduction**

Situé en plein cœur de l'Afrique de l'Ouest, le Niger est un pays aride et continental situé entre les longitudes 0°16' et 16° Est, et les latitudes 11° 01' et 23° 17' Nord. Le contexte socio-économique du Niger est caractérisé par la prépondérance du secteur primaire (agriculture et élevage), dont la contribution au PIB avoisine 40% (MHE/LCD, 2005). Le secteur secondaire est crédité d'une contribution d'environ 33% au PIB, devant le secteur tertiaire constitué d'industries minières et manufacturières très peu développées (MHE/LCD, 2005). L'économie reste vulnérable aux chocs climatiques en raison de sa dépendance à l'agriculture. En effet, depuis 1960, la situation alimentaire du Niger est affectée par la récurrence des périodes de sécheresse avec comme corollaire le déficit récurrent de la production vivrière pluviale et celle des fourrages (UNDAF, 2014). Cette situation s'est particulièrement accentuée ces vingt-cinq dernières années. Par ailleurs, le Niger est caractérisé par une population majoritairement rurale qui vit au dépend de l'agriculture et de l'élevage. Cependant, ces deux grandes activités sont confrontées à d'énormes difficultés parmi lesquelles, la sécheresse, les changements climatiques entre autres. Ainsi, au Sahel, la situation se caractérise par une dégradation accélérée des sols déjà fragilisés par nombre d'aléas, une production agricole et pastorale insuffisante, une insécurité alimentaire de plus en plus dramatique et une population en croissance rapide (Boubacar, 2010).

Les sols au Niger sont en général pauvres et la superficie potentiellement cultivable estimée à 15 millions d'hectares, représente moins de 12% de la superficie totale du pays (PANA, 2006). Face à cette dégradation des conditions de production agricole, les paysans ont adopté plusieurs options parmi lesquelles l'exode rural, l'émigration vers des destinations plus lointaines et l'adoption de pratiques de culture maraîchère, en ville et autour des villes, permettant ainsi d'assurer ou d'augmenter la productivité agricole. Le développement du maraîchage urbain et péri-urbain est favorisé par la croissance de la demande locale. Le potentiel du développement des cultures maraîchères est la possibilité de plusieurs récoltes et des spéculations agricoles diversifiées sur la même parcelle. Les cultures maraîchères sont pratiquées dans les zones humides, particulièrement favorables mais ne sont exploitées de manière intensive que lorsque les conditions de transport et de conservation des produits sont assurées (Magrin, 2001). Or, les sites de Madarounfa et celui



de Tibiri gobir sont caractérisés respectivement par un lac permanent et par une vallée, le goulbi de Maradi qui sont des véritables zones humides.

En effet, en dehors de l'agriculture, de l'élevage ou de la pêche, la collecte des produits maraîchers constitue pour les communautés de Tibiri gobir et de Madarounfa une source importante de revenus et d'aliments. La contribution de ces produits à la sécurité alimentaire est appréciable. En effet, le rôle du maraîchage est alimentaire et financier ; de plus cette agriculture nourricière contribue souvent à l'autosuffisance alimentaire (Ndjeikornom, 2015). Selon Madjigoto et *al.* (2018), le maraîchage introduit a pour but de faire face aux carences céréalières, de lutter contre la pauvreté, la faim et l'insécurité alimentaire. Le maraîchage joue de ce fait un rôle prépondérant dans la vie des populations. Ainsi, l'objectif général de cette étude est d'analyser les rôles socio-économiques des cultures maraîchères dans l'amélioration des conditions de vie des populations de Tibiri gobir et de Madarounfa.

Pour mener à bien cette étude les objectifs ont été formulés :

- ❖ Déterminer les cultures maraîchères pratiquées sur les sites d'étude ;
- ❖ Déterminer la contribution des cultures maraîchères dans l'amélioration des conditions de vie des populations des sites ;

Pour atteindre ces objectifs, l'hypothèse suivante a été formulée : les cultures maraîchères contribuent à l'amélioration des conditions de vie des populations des sites d'étude

## 1. Présentation des zones et sites d'étude

### 1.1. Site de Madarounfa

La commune urbaine de Madarounfa est située dans le département de Madarounfa dans la région de Maradi (figure 1).

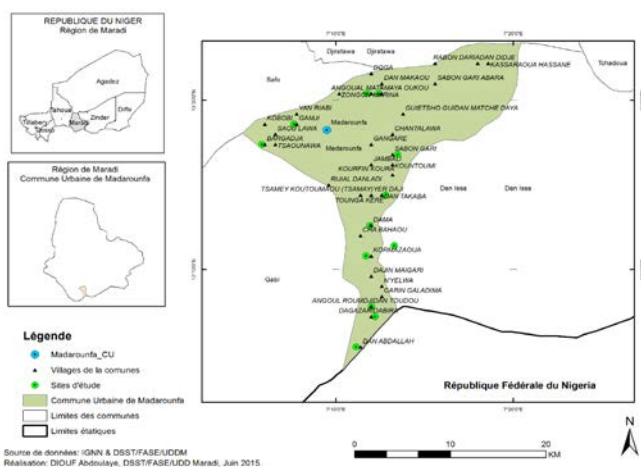


Figure 1 : Carte de localisation de la commune urbaine de Madarounfa

Le département de Madarounfa couvre une superficie de 3.500 Km<sup>2</sup>. Il est localisé entre 6° 16' et 8° 36' de longitude Est, le 13° et le 15° 16' de latitude Nord. La commune urbaine de Madarounfa est limitée au Nord par la commune de Djiratawa, à l'Est par la commune de Dan Issa, à l'Ouest par la commune de Safo et au Sud par la commune de Gabi.

### 1.2. Site de Tibiri gobir

La commune urbaine de Tibiri gobir a été créée par la loi N°02002 - 014 du 11 juin 2002. Elle est l'une des cinq (5) communes que compte le département de Guidan Roudji, dans la région de Maradi (figure 2).

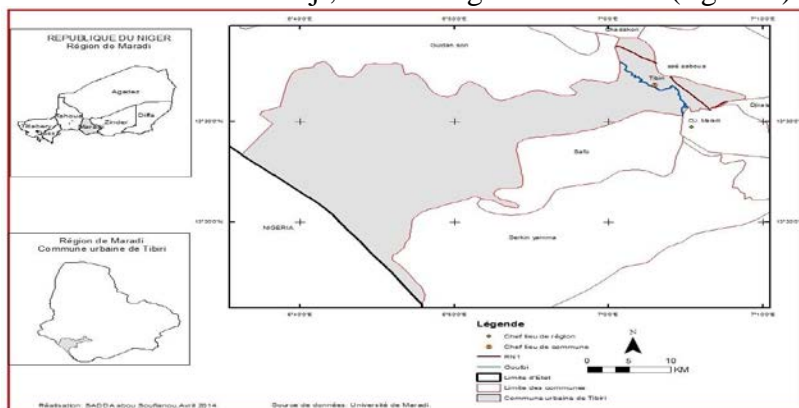


Figure 2 : Localisation de la commune urbaine de Tibiri gobir

La commune urbaine de Tibiri gobir couvre l'ancien canton de Tibiri et s'étend sur une superficie de 1200 Km<sup>2</sup> environ. Elle est limitée à l'Est par la commune rurale de Saé Saboua, au Nord par les communes rurales de Chadakori et Saé Saboua, à l'Ouest par la commune rurale de Guidan Sori et la frontière Nigériane, au Sud par les communes rurales de Sarkin Yamma, Safo (département de Madarounfa) et la frontière du Nigeria, enfin au Sud-Est par la communauté urbaine de Maradi.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Choix des sites d'étude

L'étude a été réalisée dans les communes de Tibiri gobir et de Madarounfa dans la région de Maradi caractérisées respectivement par un cours d'eau semi-permanent et un lac permanent. Ces sites font l'objet d'une exploitation avec les cultures maraîchères à grande échelle.

### 2.2. Echantillonnage et collecte des données

L'étude a été conduite dans les communes respectives de Tibiri et de Madarounfa. Ces sites sont, en effet, de grands producteurs de cultures maraîchères. Au total, 50 producteurs représentant les 50% des producteurs ont été retenus sur chaque site. Le questionnaire a été administré aussi bien aux hommes qu'aux femmes. L'échantillonnage a été fait sur la base des

producteurs qui pratiquent les cultures maraîchères sur les sites retenus. Le choix des individus enquêtés résulte d'un échantillonnage raisonné, basé sur la nécessité d'identifier dans chacune commune la productivité et la perception des rôles socioéconomiques des cultures maraîchères par la population. Pour mener à bien notre étude et pour la rendre plus enrichissante, notre échantillon a concerné les différentes ethnies (haoussa, touareg et peul) vivant dans la localité en tenant compte de la profession et du genre. Des questionnaires individuels ont été administrés aux différents enquêtés dans un premier temps puis dans un second temps il a été procédé à des focus groupes dans le souci de confronter les expériences des uns et des autres.

Ainsi, un échantillon de 100 producteurs a été choisi dont 50 à Tibiri gobir et 50 à Madarounfa.

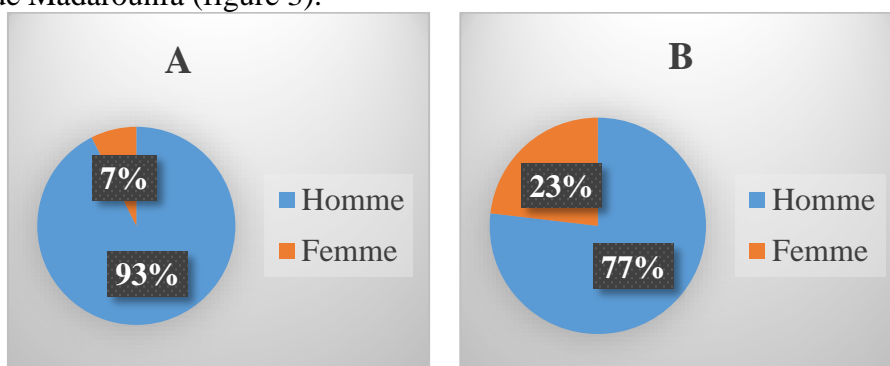
### 2.3. Traitement et analyse des données

Les données collectées ont été codifiées puis enregistrées grâce au logiciel IBM SPSS Statistics version 20, ce qui a permis de déterminer la fréquence des modalités pour chaque variable étudiée d'une part et de dresser des tableaux et des graphiques, d'autre part au moyen du logiciel Excel.

## 3-Résultats

### 3.1. Composition des enquêtés selon le sexe

L'étude s'est intéressée aussi bien aux hommes qu'aux femmes. Ainsi, les hommes représentent 93% et 77% respectivement sur les sites de Tibiri Gobir et de Madarounfa (figure 3).

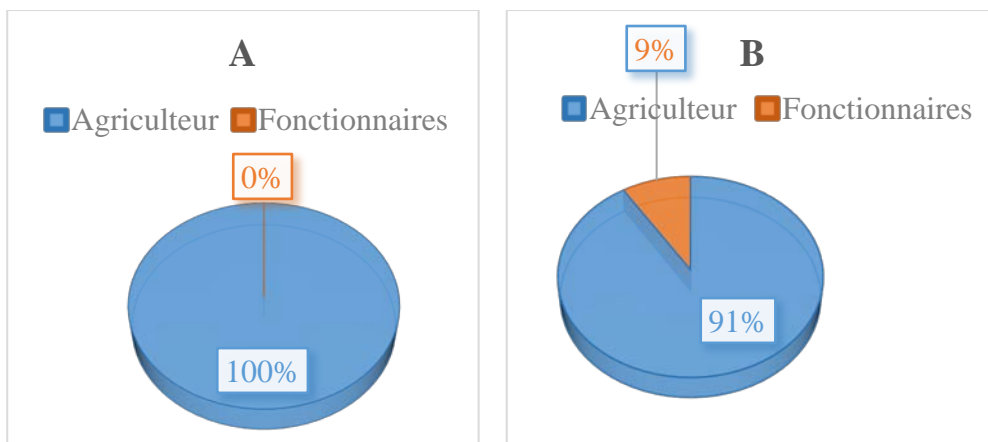


**Figure 3 :** Composition des enquêtés selon le sexe en A) à Tibiri-Gobir et en B) à Madarounfa

Ce constat témoigne que le maraîchage est pratiqué aussi bien par les hommes que par les femmes. Cependant, cette pratique est largement dominée par les hommes sur chacun des sites.

### 3.2. Composition des enquêtés selon la profession

La figure 4 traduit la composition des enquêtés selon la profession dans les communes de Tibiri Gobir et de Madarounfa.

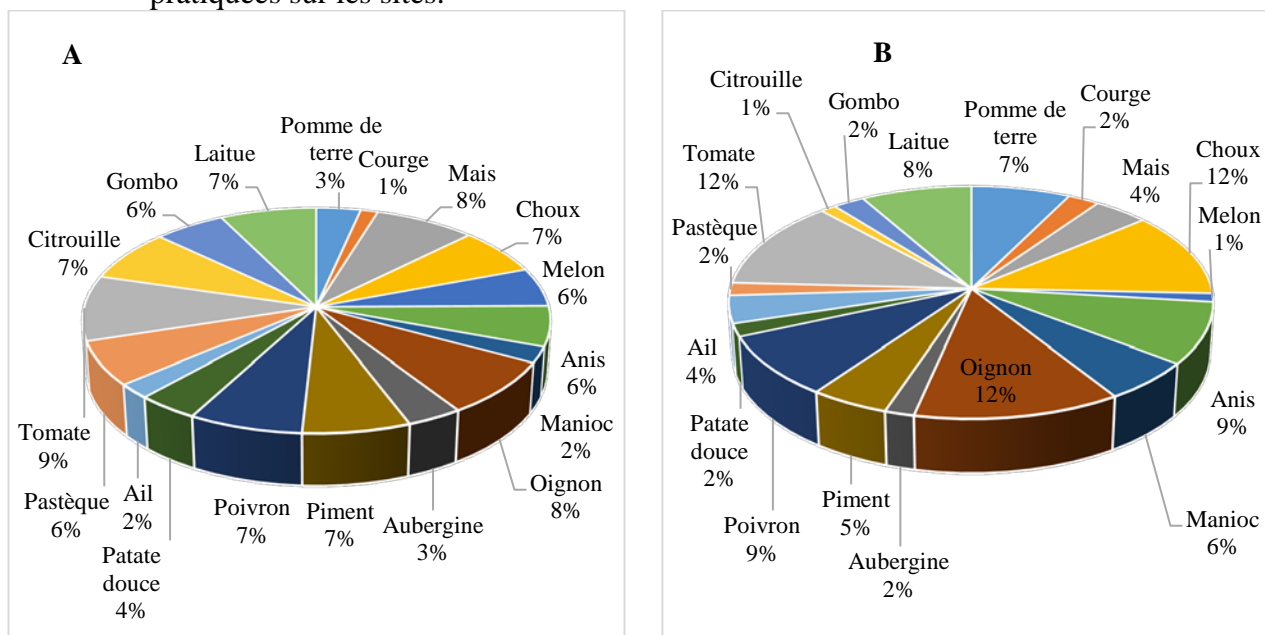


**Figure 4 :** Compositions des enquêtés selon la profession en A) à Tibiri-Gobir et en B) à Madarounfa

L'analyse de la figure 4 montre que le maraîchage est largement dominé par les agriculteurs sur tous les sites et représentent respectivement 91% et la quasi-totalité à Tibiri Gobir et à Madarounfa.

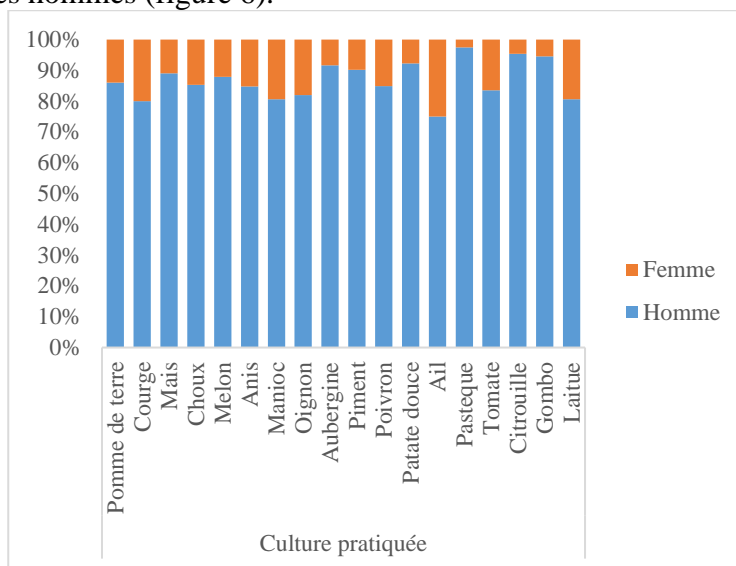
### 3.3. Représentativité des cultures maraîchères sur les sites enquêtés

La figure 5 exprime la représentativité des cultures maraîchères pratiquées sur les sites.



**Figure 5 :** Représentativité des cultures selon le site en A) à Tibiri-Gobir et en B) à Madarounfa

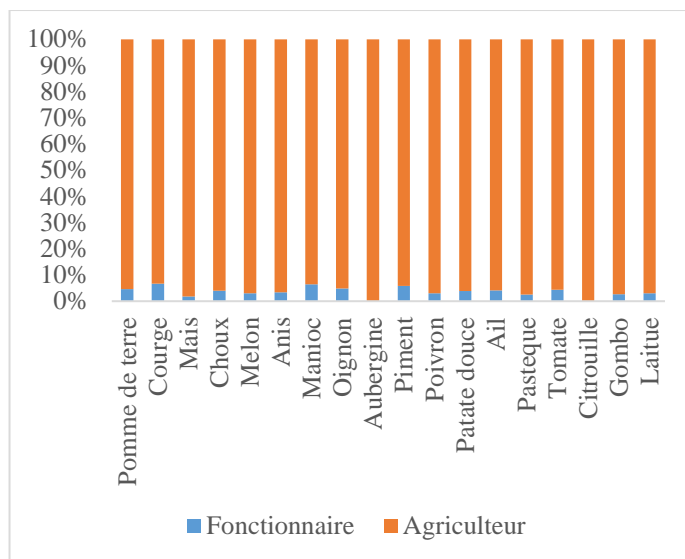
Il ressort de l'analyse de la figure 5 que dix-huit (18) et dix-sept (17) cultures maraîchères sont pratiquées respectivement à Tibiri gobir et à Madarounfa. D'après la même figure les cultures pratiquées par la majorité des enquêtés sont la tomate, le maïs, l'oignon sur le site de Tibiri et l'oignon, la tomate, le chou sur celui de Madarounfa. Par contre, les cultures telles que la courge, le manioc et l'ail sont les moins pratiquées à Tibiri. A Madarounfa ce sont la citrouille, le melon, le gombo, la pastèque et la patate douce qui sont les moins pratiquées. Ces cultures sont pratiquées aussi bien par les femmes que par les hommes (figure 6).



**Figure 6:** Diagramme des cultures maraîchères pratiquées selon le sexe

Cependant, l'ail, la laitue, la tomate, l'oignon et le chou et la courge sont les cultures les plus pratiquées par les femmes. Par contre, la pastèque, la citrouille et le gombo sont les cultures les moins pratiquées par les producteurs.

La figure 7 détermine les différentes cultures pratiquées selon la profession sur les sites visités.

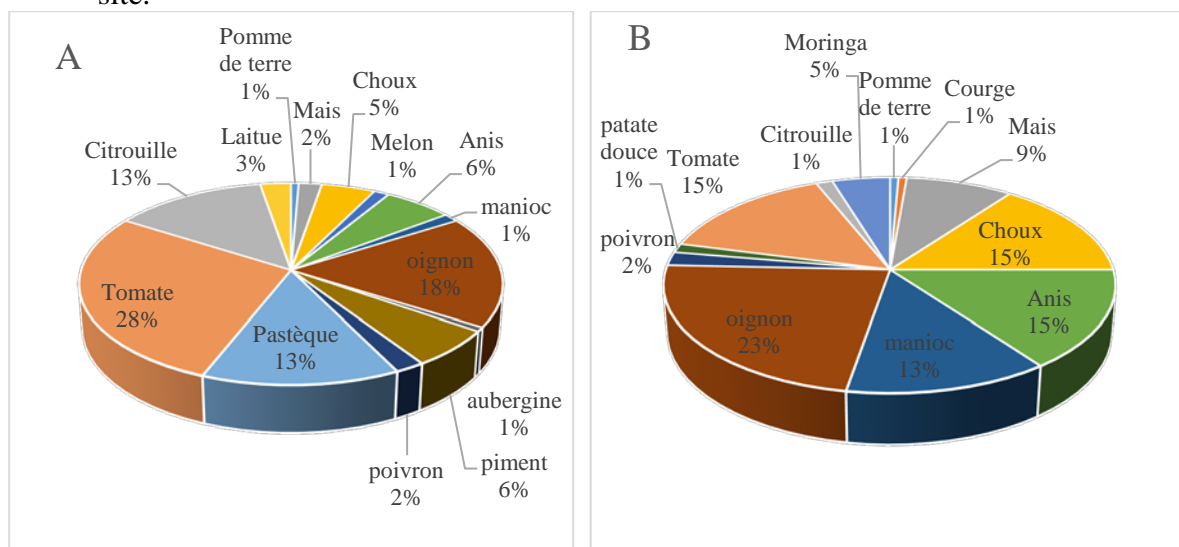


**Figure 7 :** Diagramme des cultures pratiquées selon la profession

Il ressort de l'analyse de la figure 7 que la plus grande majorité des producteurs sont des agriculteurs. Ces agriculteurs pratiquent essentiellement la citrouille et l'aubergine.

### 3.4. Cultures maraîchères majoritaires sur les sites

Parmi les 17 et 18 espèces maraîchères répertoriées respectivement à Madarounfa et Tibiri Gobir, certaines sont plus pratiquées que d'autres. La figure 8 illustre les cultures maraîchères majoritairement pratiquées selon le site.



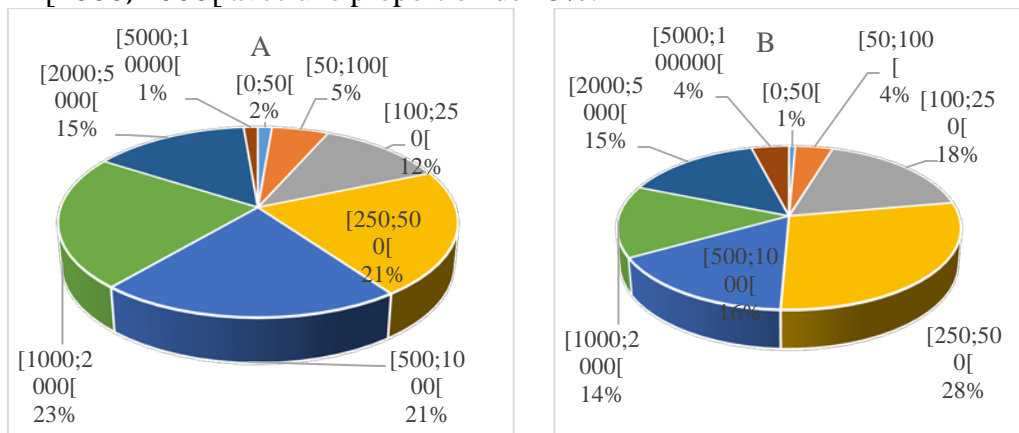
**Figure 8 :** Cultures maraîchères majoritaires selon le site, en A) à Tibiri-Gobir et en B) à Madarounfa

En effet, à Madarounfa, l'oignon occupe la première place parmi les cultures majoritaire avec une proportion de 23% suivi de la tomate (15%), le chou (15%) et l'anis (15%). Par contre, dans la commune de Tibiri Gobir c'est la tomate qui est la plus représentée avec une proportion de 28% puis viennent l'oignon (18%) et la citrouille (13%). Cependant, les cultures maraîchères majoritaires les moins pratiquées à Tibiri sont le melon, la pomme de terre, l'aubergine, le poivron et le manioc alors qu'à Madarounfa ce sont surtout la citrouille, la patate douce, la pomme de terre, la courge et le poivron.

### 3.5. Représentativité des classes de productivité sur les sites

Dans cette étude, la productivité des cultures majoritaires a été évaluée sur chacun des deux sites (figure 9). Cette représentativité est exprimée en classe de rendement. Ainsi, huit (8) classes de rendement ont été définies, de 0 à 1000 kg/ha.

En analysant la figure 9, il ressort que la classe la mieux représentée à Madarounfa est celle de [250;500[ représentant 28% des producteurs maraîchers. Par contre à Tibiri Gobir la classe la mieux représentée est [1000;2000[ avec une proportion de 23%.

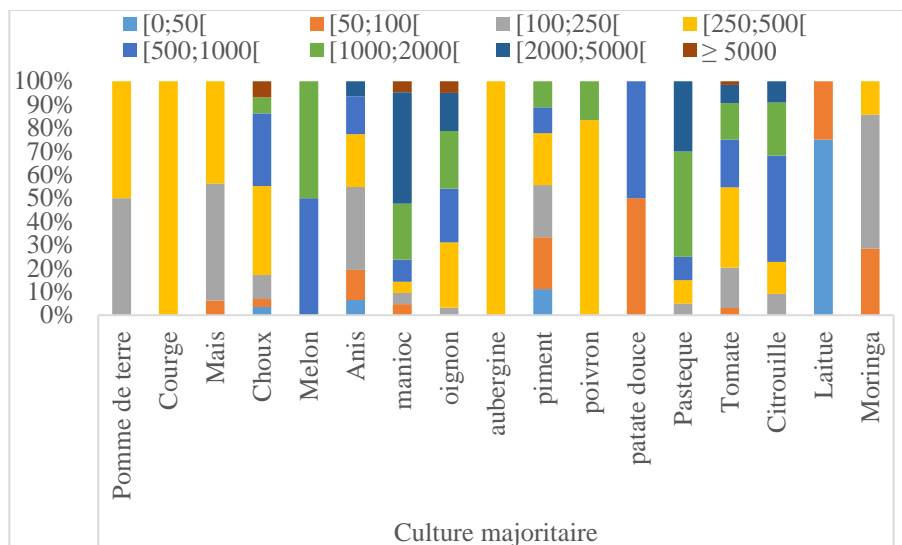


**Figure 9 :** Représentativité des productivités en kg/ha des cultures majoritaires selon le site, en A) à Tibiri-Gobir et en B) à Madarounfa

Les classes de productivité les moins représentées sont [0;50[ et [500;10000[ à Tibiri avec les proportions respectives de 2% et 1% ; à Madarounfa, ce sont les classes [0;50[, [50;100[ et [5000;10000[ qui sont les moins représentées avec les proportions respectives de 1%, 4% et 4%..Ainsi, à Tibiri tout comme à Madarounfa ces classes de productivité sont les moins représentées

### 3.6. Productivité des cultures maraîchères majoritaires

La productivité des cultures maraîchères sur les sites visités est donnée par la figure 10.



**Figure 10 :** Représentativité des productivités des cultures maraîchères

D'après la figure 10, la classe de 0 à 50 kg/ha est majoritairement représentée seulement au niveau de la laitue et dans une moindre mesure au niveau du piment et de l'anis. La classe de 100 à 250 kg/ha est beaucoup plus représentée au niveau de la pomme de terre, le maïs, le moringa et l'anis alors que celle de 250 à 500 kg/ha est plus présente au niveau des cultures comme la pomme de terre, la courge, la maïs, le chou, l'aubergine, le poivron et la tomate. Par contre, la classe de 2000 à 5000 kg/ha est plus présente au niveau du manioc, de l'oignon et la pastèque.

Par ailleurs, le rendement des cultures comme la tomate, la citrouille, le piment, l'oignon, le manioc, l'anis et le chou est très variable contrairement au poivron, à l'aubergine, au melon, à la courge et à la pomme de terre.

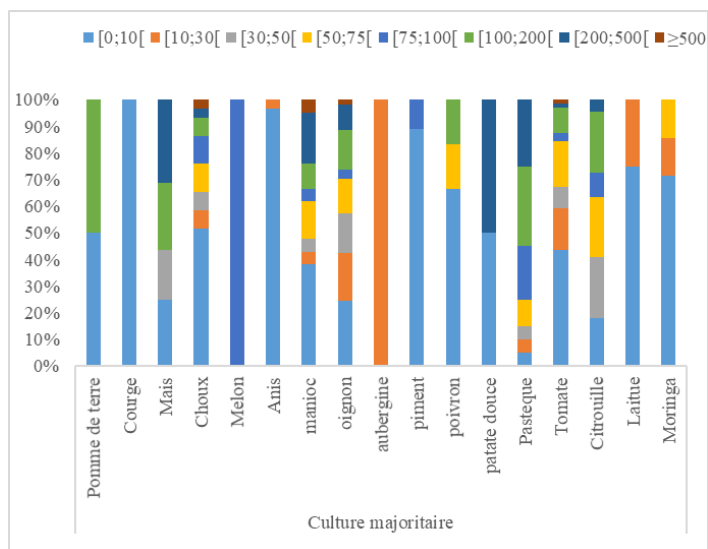
### 3.7. Usage des produits des cultures majoritaires

Les cultures maraîchères sont diversement utilisées par les producteurs. En effet, une partie des produits est autoconsommée, une partie est vendue et l'autre est utilisée dans les dons.

#### 3.7.1. Quantité des produits maraîchers utilisés dans l'autoconsommation

Tous les produits des cultures maraîchères sont utilisés pour la consommation familiale. Les quantités utilisées sont très variables en fonction des cultures et peuvent varier de 10 à plus de 500 kg/ha. La figure 11 illustre les quantités consommées par la famille.



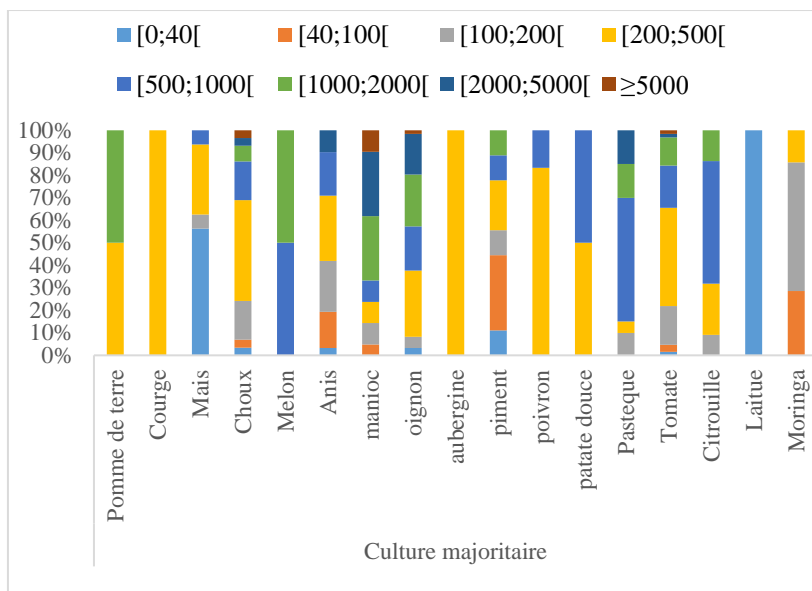


**Figure 11 :** Représentativité des quantités des produits maraîchers utilisées dans l’autoconsommation

Il ressort de l’analyse de la figure 11 que la majorité des producteurs consomment de 0 à 10 kg/ha et seulement une minorité consomme plus de 200 kg/ha. Les cultures les moins utilisées dans la consommation sont la courge, l’anis, le piment, le poivron, la laitue et le moringa. Par contre, les cultures comme le maïs, le manioc, la pastèque et la patate douce sont les plus utilisées dans l’autoconsommation.

### 3.7.2. Quantité des produits maraîchers vendus

Les produits des cultures maraîchères sont dans la plupart des cas vendus pour servir d’appoints aux cultures vivrières. Les quantités vendues sont très variables et varient beaucoup en fonction des cultures. La figure 12 donne les quantités des produits vendus.

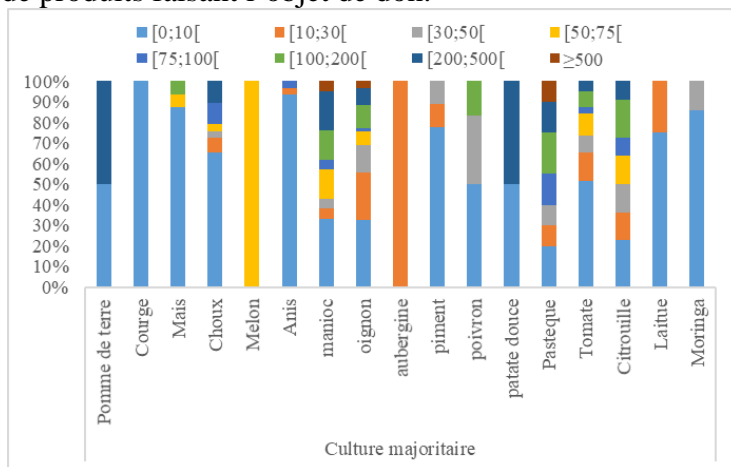


**Figure 12** : Quantités des produits maraîchers vendues

Il ressort de l'analyse de la figure 12 que toutes les classes sont représentées. En effet, 100% des producteurs de la courge et de l'aubergine et plus de 50% des producteurs de la pomme de terre et du poivron vendent 200 à 500 kg/ha de leurs produits. Les producteurs du melon, de la patate douce, de la pastèque et de la citrouille peuvent vendre de 2000 à 5000 kg/ha et 50% des producteurs de la pomme de terre et du melon vendent 1000 à 2000 kg/ha de leur production.

### 3.7.3. Don

L'une des utilités des produits maraîchers est de contribuer au renforcement des relations sociales à travers des dons. La figure 13 illustre les quantités de produits faisant l'objet de don.



**Figure 13** : don dans l'usage des produits maraichers

Il ressort de l'analyse de la figure 13 que les quantités sont très variables et peuvent aller jusqu'au-delà de 500 kg/ha. Mais l'essentiel des producteurs donne une quantité comprise entre 0 et 10 kg/ha. Ce don concerne toutes les cultures.

### 3.8. Dépenses dans la production des cultures maraîchères

La pratique du maraîchage sur les sites requiert des dépenses telles que illustrées par la figure 14.

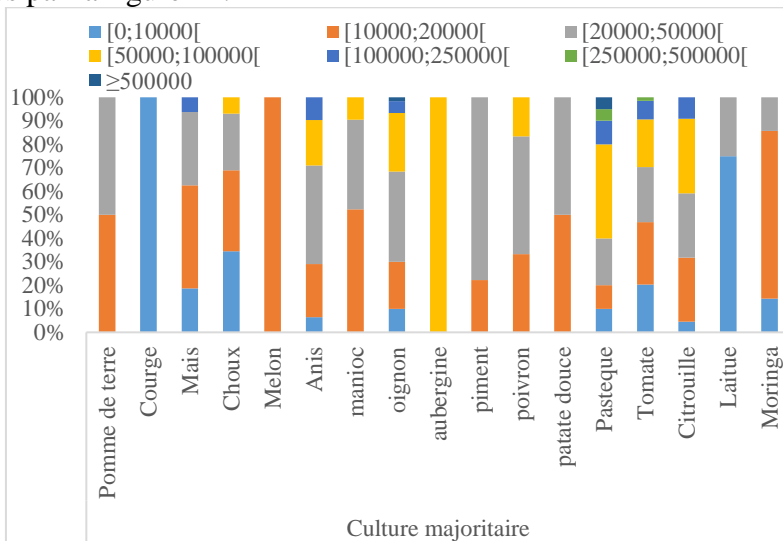
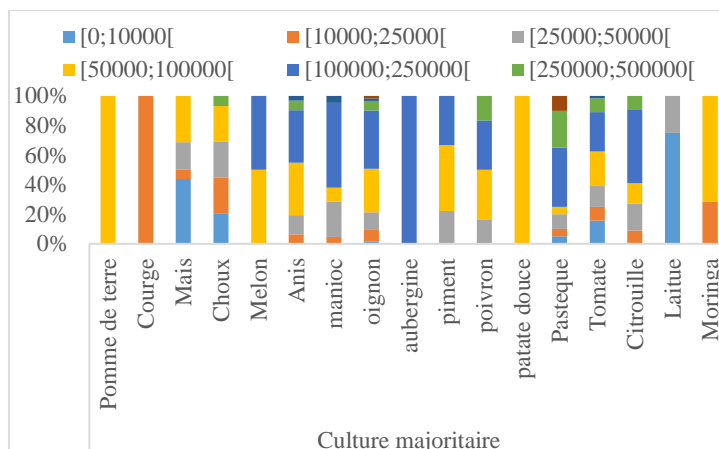


Figure 14 : Dépense dans la production des cultures maraîchères majoritaires

Les dépenses sont très variables et peuvent aller jusqu'à 500 000FCFA/ha, selon la culture. Cependant, l'essentiel des producteurs dépensent moins de 100 000 FCFA/ha. La courge, la laitue, la pomme de terre, le melon, le moringa, le poivron et le piment sont les cultures qui occasionnent moins de dépenses. Tous les producteurs d'aubergine font des dépenses comprises entre 50 000 à 100 000 FCFA/ha.

### 3.9. Recettes engendrées par la vente des produits des cultures maraîchères

La vente des produits maraichers procure des recettes aux producteurs. La recette est la résultante de la quantité de produite et du prix du produit sur le marché. La figure 15 exprime les recettes engendrées par la vente des produits des cultures maraîchères.

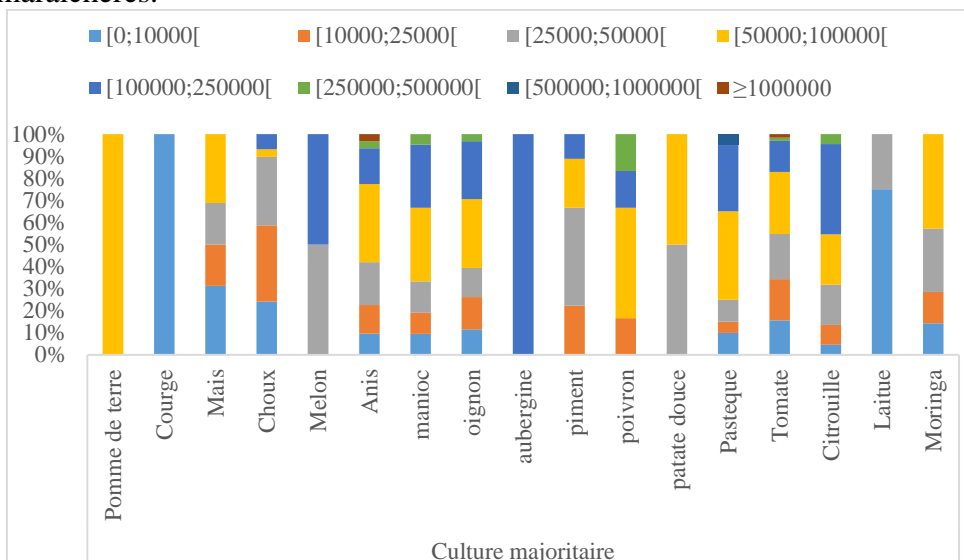


**Figure 15 :** Recettes engendrées par la vente des cultures maraîchères majoritaires

Ces recettes varient de 10 000 à plus de 1 000 000FCFA/ha. Les cultures qui engendrent plus de recettes aux producteurs sont l’aubergine, le manioc, le melon, l’oignon, la citrouille, l’anis et mieux, la pastèque. Les cultures qui engendrent moins de recettes sont la laitue et la courge.

### 3.10. Rentabilité du maraîchage

La rentabilité des cultures maraîchères se traduit par la différence entre les recettes et les dépenses. La figure 16 traduit la rentabilité des cultures maraîchères.



**Figure 16 :** Rentabilité des cultures maraîchères majoritaires

D’après la figure 16, les cultures les plus rentables sont l’aubergine et dans une moindre mesure le melon, la citrouille, la pastèque, le manioc, l’oignon et le poivron. Ces cultures peuvent, en effet, procurer jusqu’à

250 000FCFA/ha/cycle ; le poivron, quant à lui, peut procurer 500 000FCFA/ha. Les cultures les moins rentables sont la laitue et la courge suivies de la patate douce et de la pomme de terre.

#### 4-Discussion

Le maraîchage est une pratique qui occupe, de nos jours, aussi bien les hommes que les femmes comme le témoigne cette étude. Les femmes sont aussi actives que les hommes. Selon Ndiaye et *al.*, (2021), le maraîchage constituerait l'activité d'appoint qui leur est plus accessible. Cependant, les résultats de Tendeng et *al.*, (2017) montrent que les femmes s'activent dans le maraîchage plus que les hommes qui s'adonnent à l'arboriculture. Ainsi, selon ces mêmes auteurs, l'activité maraîchère rurale a depuis toujours existé en Casamance où elle est l'apanage essentiel des femmes. Ce qui est contraire aux résultats de cette étude qui témoignent que les hommes dominent de loin l'activité maraîchère. Les résultats de Sakho (2013) confirment davantage cette dernière idée. En effet, selon cet auteur les hommes constituent la plus grande proportion (86%) dans la culture du chou. Cette dernière n'a pas laissé les fonctionnaires de Tibiri gobir en reste. En effet, les producteurs maraîchers sont tous des chefs de ménage. A ce titre, il est à comprendre à travers ces résultats que le maraîchage pourrait être considéré comme une affaire de mariés (Ndiaye et *al.*, 2021). Par ailleurs, les sites sont caractérisés par une diversité d'espèces cultivées. En effet, dix-huit (18) et dix-sept (17) espèces ont été répertoriées respectivement à Tibiri gobir et à Madarounfa. Les résultats de cette étude corroborent avec ceux de Ndiaye et *al.*, (2021) qui ont répertorié dix-neuf (19) spéculations maraîchères. Cette diversité est plus élevée que celle rapportée par Rabo (2019). Ces auteurs ont répertorié, au total, neuf (9) espèces de cultures maraîchères associées au *M. oleifera* dans la vallée du fleuve et sept (7) dans le Goulbi de Maradi avec une spécialisation des sites en certaines cultures. Les cultures les plus pratiquées par les producteurs sont l'oignon, la tomate et le chou et ce, quel que soit le site. Dans la vallée du fleuve, la culture maraîchère associée au *M. oleifera* qui domine est l'aubergine alors que dans le Goulbi de Maradi ce sont la tomate et l'oignon. Les raisons avancées par les exploitants pour associer telle ou telle culture maraîchère au *M. oleifera* sont d'ordres socio-économique et édaphique (Rabo et *al.*, 2015b). Ndiaye et *al.*, (2021) ont rapporté que l'oignon est la spéculations la plus fréquente la plus pratiquée. Les résultats de ces auteurs montrent que les cultures maraîchères sont associées soit à du moringa soit à des arbres fruitiers. En abordant dans le même sens, Adamou (2012) a montré que les cultures maraîchères comme le chou, la tomate, la laitue, l'aubergine, le concombre etc. sont cultivées et associées en saison sèche à des arbres fruitiers.

Cette étude a aussi consacré les rendements des cultures maraîchères des sites. Aussi, le manioc, l'oignon et la pastèque sont-elles les cultures qui ont les meilleurs rendements. Ces rendements quoique non satisfaisants ont été obtenus en milieu paysan où le contrôle et le respect des exigences des cultures ne sont pas le plus souvent au rendez-vous. Ainsi, les rendements de l'oignon obtenu par les maraîchers de Tibiri gobir et ceux de Madarounfa sont nettement inférieurs au rendement de  $157886 \pm 26706$  kg/ha rapporté par Rabo et *al.*, (2020). Ces rendements sont aussi inférieurs à ceux rapportés par Abdoul Habou et *al.*, (2015). En étudiant l'effet de l'azote sur l'aptitude à la conservation des bulbes d'oignon, ces auteurs ont trouvé des rendements variant de 17 à 34t/ha. De même, les rendements en chou pommé sont inférieurs à celui rapporté par rabo et *al.*, (2015a). En effet, en étudiant l'effet combiné du niveau de coupe et de la disposition des plants de *M. oleifera* sur le rendement en pomme du chou, ces auteurs ont obtenu un rendement moyen de  $113.854,57 \pm 16.002,67$ kg/ha en pomme de chou. En évaluant la productivité du chou pommé (*Brassica oleracea*) en monoculture, sous l'effet de l'irrigation avec une eau traitée magnétiquement, dans la région de Casablanca au Maroc, Taimourya et *al.*, (2015) ont trouvé des poids moyens de la pomme de 1723,5 g et 1385,8 g et des rendements moyens de 66,2 t/ha et 51,3 t/ha respectivement sous et hors traitement. Ces rendements moyens sont supérieurs à ceux obtenu par les maraîchers des sites de cette étude.

Par ailleurs, par la vente des produits maraîchers, le maraîchage procure des revenus aux populations. Les quantités vendues varient d'un producteur à un autre et d'une culture à une autre. Les spéculations les plus rentables sont l'aubergine et dans une moindre mesure le melon, la citrouille, la pastèque, le manioc, l'oignon et le poivron. Par contre sur le site de Djirataoua, les systèmes incluant la tomate sont les plus rentables puis suivent ceux intégrant l'anis, l'oignon et le blé (Rabo, 2019). Selon la même étude, sur le site de Tibiri c'est surtout les systèmes intégrant la tomate qui ont été les plus rentables puis viennent ceux intégrant la laitue et l'oignon. Selon la même étude, les systèmes les plus rentables sont ceux intégrant l'aubergine puis viennent ceux intégrant le chou et l'oignon sur le site de Saga Fondo. Alors que sur le site de Saguia, les plus rentables sont ceux qui intègrent le concombre. Les résultats de cette étude corroborent ceux de Ndiaye et *al.*, (2021) qui a abouti à la conclusion selon laquelle le maraîchage occupe une place non négligeable dans les activités agricoles, en raison des importants revenus monétaires qu'il procure aux populations.

## Conclusion

Cette étude a consacré la productivité et les rôles socio-économiques des cultures maraîchères sur les sites maraîchers des communes de Tibiri gobir et de Madarounfa. Dans ces communes, le maraîchage est devenu une activité

qui requiert les faveurs des populations. Les cultures les plus pratiquées à Madarounfa sont l'oignon, la tomate, le chou et l'anis. Par contre, dans la commune de Tibiri gobir c'est la tomate qui est la représentée puis viennent l'oignon et la citrouille. Par ailleurs, les cultures comme le manioc, l'oignon et la pastèque sont celles qui ont eu les meilleurs rendements que l'aubergine et dans une moindre mesure le melon, la citrouille, la pastèque, le manioc, l'oignon et le poivron sont les plus rentables. On peut donc confirmer sans risque de se tromper que l'hypothèse de cette étude a bien été vérifiée. La pratique du maraîchage procède alors à la sécurité alimentaire des producteurs et à la consolidation des relations sociales.

### References:

1. Abdoul Habou Z., Chaibou I. M. et Adam T., 2015. Effet de l'azote sur l'aptitude à la conservation des bulbes d'oignon (*Allium cepa* L.) *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(6): 2889-2896.
2. Adamou S., 2012. Contribution à la capitalisation des bonnes pratiques agroforestières pour l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre au Niger. Mémoire de fin d'études. 78p
3. MHE/LCD, 2005. Consultation Sectorielle sur l'Environnement et la lutte contre la Désertification : Document 1. Contexte Général Cadre Stratégique et Opérationnel. 58 p
4. HC3N, 2015. Plan d'action 2016-2020 de l'initiative 3N. 60p
5. Madjigoto R. Ndjeikornom O. et Kiari F. H., 2018. La diffusion des cultures maraichères dans le lac Fitri. : l'étude des îles et villages Moudou, Doumourou, Maafé et Yao au Tchad. Rapport de recherche du Laboratoire des langues-Cultures, d'Analyse du Discours et des Pratiques Enseignantes (LACDIPE) de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, 322p.
6. Magrin G., 2001. Crise climatique et mutation de l'agriculture : l'émergence d'un grenier céréalier entre Tchad et Chari. *Annale de géographie*, 105(592) :620-644
7. Boubacar M. M., Inoussa M. M., Ambouta J. M. K., Mahamane A., Jorgen A. A., Harissou Y et Rabiou H., 2013. Caractérisation de la végétation ligneuse et des organisations pelliculaires de surface des agroécosystèmes à différents stades de dégradation de la Commune rurale de Simiri (Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(5): 1963-1975
8. Ndiaye O., Diatta U., Abeudje A., Dramé M., Ndiaye S. & Tidiane Ba C. (2021). Caractérisation des périmètres maraîchers institués par les groupements des femmes comme stratégie de résilience en zone post conflit (Casamance, Sénégal). *European Scientific Journal*, ESJ, 17(13), 118. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n13p118>

9. Ndjeikornom O., 2015. La diffusion des cultures maraichères dans le lac Fitri. : l'étude des îles et villages Moudou, Doumourou, Maafé et Yao. Mémoire de Master 2 en gestion des territoires et développement, géographie, Université de N'Djamena, 166p.
10. Rabo Y., Laouali A., Boubacar M. M. et Mahamane A., 2015a. Effect of the Combination of the Layout and the Cutting Level of *Moringa oleifera* Lam Plants on the Yield in Apple of *Brassica oleracea* L. (Cabbage, Variety Oxylus). *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 4(11): 800-807
11. Rabo Y., lawali S, Dramé A. Y. et Mahamane A., 2015b. Analyse structurelle des systèmes agroforestiers à base de *Moringa oleifera* Lam. dans les vallées du fleuve Niger et du Goulbi de Maradi (Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(6): 2555-2565. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i6.4>
12. Rabo Y, 2019. Structures, fonctionnement et perspectives d'amélioration des Systèmes Agroforestiers à base de *Moringa oleifera* Lam. dans les vallées du Fleuve Niger et du Goulbi de Maradi au Niger, Thèse de doctorat, Spécialité : Agroforesterie. Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, 152p.
13. Rabo Y., Morou B., Lawali S. and Mahamane A., 2020. "Combined effect of *Moringa oleifera* *Moringa oleifera* Lam.plant layout and cutting level on onion bulb yield (*Allium cepa* L, Galmi purple variety) *International Journal of Current Research*, 12, (05), 11543-11548.
14. Sakho S. M., 2013. Analyse de la chaîne de valeur du chou Pommé dans la zone des niayes du senegal. Mémoire de Master en Agrobusiness et développement des chaînes de valeur Ingénieur agronome - spécialisation : Économie et Sociologie Rurales. 54p
15. Tendeng, E., Labou, B., Djiba, S., and Diarra, K. (2017). Actualisation de l'entomofaune des cultures maraichères en Basse Casamance (Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11, 1023–1028.
16. UNDAF, 2014. Plan Cadre des Nations Unies pour l'Assistance au Développement (UNDAF) NIGER 2014 – 2018. 35p



## Hirschsprung Disease in Adults: A Case Report in a Tertiary Hospital in West Africa

*Ananivi Sogan , (MD, Surgeon, MSc in Anatomy)*  
*Efoe-Ga Amouzou , (MD, Surgeon)*  
*Yawa Sesime Sanni, (MD, Pediatric Surgeon)*  
*Hassiatou Sabi Couscous, (MD, Radiologist)*  
*Victor Adjenou, (MD, Radiologist, Professor)*  
*Komlanvi James, (MD, Surgeon, Professor in Anatomy)*  
University of Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n8p208](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p208)

Submitted: 19 September 2021  
Accepted: 16 February 2022  
Published: 28 February 2022

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

*Cite As:*

Sogan A., Amouzou E., Sanni Y.S., Couscous H.S., Adjenou V., & James K.,(2022). *Hirschsprung Disease in Adults: A Case Report in a Tertiary Hospital in West Africa* European Scientific Journal, ESJ, 18 (8), 208.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p208>

### Abstract

Hirschsprung disease in adults is a rare and frequently misdiagnosed cause of long-standing and refractory constipation. Surgical procedures initially developed for pediatric patients are applied to adults with varying degrees of success. A nineteen-year-old girl was diagnosed with Hirschsprung disease in a tertiary hospital of low technology level in Togo. Soave-Boley's procedure was used as definitive surgical management which resulted in a good outcome.

**Keywords:** Hirschsprung disease, adult, surgery, Togo

### Introduction

Hirschsprung disease is a rare congenital condition in which an absence of ganglion cells in the distal colon results in functional obstruction, leading to a long-standing and refractory constipation and a megacolon (Natsikas & Sbarounis, 1987). In rare cases, the condition remains undiagnosed until adolescence or adult age because hypertrophy of the active normally innervated proximal bowel compensates for the prolonged partial recto-sigmoid obstruction (Natsikas & Sbarounis, 1987; Todd, 1977). In

addition, use of enemas and cathartics to manage constipation may succeed in masking the condition until acute occlusion of the proximal colon, fecal impaction, or megacolon involves urgent surgical intervention (Vorobyov et al., 2010). Since the discovery of Hirschsprung disease, many surgical techniques have been performed, including laparoscopic procedure (Jarry & Faucheron, 2011). According to the conditions of tertiary hospitals, Soave-Boley's technique has been applied in reported cases of Hirschsprung disease in adults.

### **Patient And Observation**

A 19-year-old girl was admitted and diagnosed with acute intestinal occlusion. She experienced painful abdominal distension with a mass and also vomiting. More so, the patient had a history of chronic constipation and often eased herself with daily enemas since childhood. Interestingly, she had never been diagnosed due to ignorance and poverty of her family. Clinically, this patient presented normal blood pressure (100/70 mmHg), acceptable general status, important abdominal distension without intestinal perforation signs, and empty rectal ampoule. Standard laboratory investigation was normal. Abdominal and pelvis CT scan revealed a colonic obstruction due to a huge fecal impaction around the whole sigmoid colon and distal left colon. This part of the bowel was so excessively dilated that it almost occupied the totality of the abdomen. Figure 1 and 2 shows dilated colon (rectum seemed narrow, empty with normal diameter). The probability of Hirschsprung disease of the recto-sigmoid junction was raised and, 24 hours later, a left transversal colostomy was performed to relieve symptoms. During the surgical process, through a median laparotomy, a huge bowel (sigmoid colon) of 35 cm × 25 cm was seen and 10 kg of faeces was evacuated. Thereafter, the rectosigmoid resection was done (Figure 3, 4). Hartmann procedure which extended to the splenic flexure was performed. The diagnosis of Hirschsprung disease was confirmed on a histological examination of resected specimen. It was a short form of aganglionosis including recto-sigmoid junction. Three months later, Soave-Boley's procedure was performed for definitive surgery. Postoperative recovery (18 months after definitive surgery) was uneventful and the patient described complete resolution of symptoms with normal continence. Bowel movement was once or twice a day with normal stool.

### **Comments**

Diagnosis of Hirschsprung disease in adults is carried out if a patient with colorectal aganglionosis is older than the arbitrary age of 10 years at the time of diagnosis (Duncan et al., 2009). The real incidence of this disease is unknown due to probable under-diagnosis in the adult population (Chen et al., 2006). While a vast majority of patients with Hirschsprung disease are

diagnosed in the neonatal period, Hirschsprung himself acknowledged this was a disease of all ages (Lesser et al., 1979). In theory, undiagnosed adult patients who are able to live with this congenital abnormality for so many years have more mild symptoms. This is due to a compensatory contribution of the distal and proximal colon to the aganglionic segment (Schlund et al., 2020). Most of these patients have a short or an ultra-short segment of aganglionosis (Duncan et al., 2009). While the symptoms may be mild and can be treated with cathartic agents, the dilated proximal colonic segment is at risk of decompensation. This could potentially result in an emergent situation such as an acute obstruction or perforation (Schlund et al., 2020). The reported case was an acute bowel obstruction in a 19-year-old girl with a history of constipation and abdominal discomfort.

Standard preoperative investigations include a barium enema or CT scan (Jarry & Faucheron, 2011). However, abdominal and pelvis CT scan was used in this case as recommended by some authors for acute abdominal syndrome (Franchi-Abella & Pariente, 2008). Nonetheless, confirmation of the diagnosis is necessary before definitive surgery.

Traditionally, four surgical procedures are employed to treat Hirschsprung disease in adults: the Lynn's, Soave-Boley's, the Swenson's, and the Duhamel's procedures (Adamou et al., 2019; Kuroda, 2019). These procedures are also used for classic Hirschsprung disease in infancy. Although all procedures involve the resection of histologically confirmed aganglionic bowel, they differ in the mode of reconstruction and outcomes (Duncan et al., 2009). Major complications were found with Soave-Boley's procedure, Swenson's procedure, and Duhamel's procedure at 19.3%, 28.6%, and 7.4%, respectively. This indicated poor functional results, respectively, at 12%, 13.8%, and 2.4 % (Jarry & Faucheron, 2011; Nasayuki et al., 2005). Nowadays, new approaches are emerging in the surgical treatment of Hirschsprung disease in adults. Laparoscopic recto-sigmoid resection with a transanal colonic pull-through, which is followed by delayed colo-anal anastomosis, represents a valid alternative in the treatment of Hirschsprung disease in adult patients. This is because it involves less invasive surgery, does not require a preventive diverting stoma, and shows anastomotic security (Jarry & Faucheron, 2011). In a nutshell, laparoscopic approaches provide fewer complications. Unfortunately, it is not practiced in tertiary hospitals in Togo since there is no adequate equipment for laparoscopic procedure. This is why Soave-Boley's procedure is more widely used. However, eighteen months after the procedure, the patient does not complain about any complications. In Niger, Adamou et al. (2019) also used Soave-Boley's technique and had a good result in their case report. In Nigeria, authors did not use laparoscopic approaches to combat Hirschsprung disease in adults, but

they practised Swenson and Lynn's procedure which produced satisfactory outcome (Arowolo et al., 2013)

### Conclusion

Due to ganglion cell absence in distal colon, Hirschsprung disease is largely known in childhood. Although this condition is undiagnosed in the early stages of childhood, it is found in adults after a long period of constipation. This is observed in the reported case of a patient who was admitted for a colonic obstruction by a huge fecal impaction. However, this condition was managed by a two-step surgery which led to good outcomes.

### Appendices



**Figure 1.** Important distension of colon sigmoid by faecalome on frontal section CT scan (yellow arrow)



**Figure 2.** Important distension of colon sigmoid by faecalome on sagittal section CT scan (yellow arrow)



**Figure 3:** Important distension of sigmoid colon (yellow arrow) by fecal impaction, during laparotomy.



**Figure 4:** Recto-sigmoid bowel resected (faeces evacuated)

### References:

1. Adamou, H., Magagi, I., Habou, O., Adakal, O., Aboulaye, M., & Robnodji, A. (2019). Diagnosis and surgical approach of adult Hirschsprung disease: About two observations and review of the literature. Case series, *Annals of Medicine and Surgery*, 48, 59-64.
2. Arowolo, OA., Lawal, OO., Adisa, AO., Adetiloye, VA., Afolabi, AI., & Sowande, OA. (2013). Adulthood Hirschsprung disease: a report of 04 cases in Ile-Ife, Nigeria. *Afr J Med Med Sci*, 42(3), 277-82.
3. Chen, F., Winston, J., Jain, S., & Frankel, W. (2006). Hirschsprung disease in a young adult: report of a case and review of the literature. *Ann Diagn Pathol*, 10(6), 347–351.
4. Duncan, ND., Plummer, J., Dundas, SE., Martin, A., & McDonald, AH. (2009). Adult Hirschsprung disease in Jamaica: operative treatment and outcome. *Colorectal Disease*, 13, 454-458.
5. Franchi-Abella, S. & Pariente, D. (2008). Le radiologue non spécialiste face au scanner pédiatrique: les indications du scanner abdominal et les protocoles. *Journal de Radiologie*, 89(10), 1384-1385.
6. Jarry, J. & Faucheron, JL. (2011). Laparoscopic rectosigmoid resection with transanal colonic pull-through and delayed colo-anal anastomosis: A new approach to adult Hirschsprung disease. *Diseases of the colon & rectum*, 54(10): 1313 – 1319.

7. Kuroda, T. (2019). Soave-Denda-Boley Procedure. In: Taguchi T., Matsufuji H., Ieiri S. (eds) Hirschsprung Disease and the Allied Disorders. Springer, Singapore. Doi: 10.1007/978-981-13-3606-5\_21
8. Lesser, P., El-Nahas, A., Lukl, P., Andrews, P., Schuler, J., & Filtzer, H. (1979). Adult - onset Hirschsprung disease. *JAMA*, 242(8), 747–748.
9. Nasayuki, M., Kaku, E., Shotaro, M., Keiichi, O., Noritake, T., & Eiji, U. (2005). Hirschsprung disease in adults: report of case and review of the literature. *J Nippon Med Scch*, 72(2), 113 – 120.
10. Natsikas, NB. & Sbarounis, CN. (1987). Adult Hirschsprung disease: an experience with the Duhamel-Martin procedure with special reference to obstructed patients. *Dis Colon Rectum*, 30, 204–206.
11. Schlund, D., Jochum, SB., Favuzza, J., Hayden, DM., Pillai, SB., & Saclarides, TJ. (2020). A national analysis of operative treatment of adult patients with Hirschsprung disease. *International Journal of Colorectal Disease*, 35, 169–172.
12. Todd, IP. (1977). Adult Hirschsprung disease. *Br J Surg*, 64, 311–312.
13. Vorobyov, GI., Achkasov, SI., & Biryukov, OM. (2010). Clinical features' diagnostics and treatment of Hirschsprung disease in adults. *Colorectal Dis*, 12, 1242–1248.

## **Influence Des Cultures Intercalaires Et De Bordure De L'oseille De Guinée Et Du Gombo Sur La Dynamique Des Insectes Ravageurs Et La Production Du Coton Dans Les Conditions Agro-Écologiques De Katibougou, 2019 /Mali**

*Diallo Seydou, (Doctorant)*

Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée  
(IPR/IFRA) de Katibougou, Mali

*Yaro Alpha Seydou, (PhD, Maître de conférences des universités du CAMES),*

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako  
(USTTB) de Bamako, Mali

*Kansaye Laya, (PhD, Maître de conférences)*

Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée  
(IPR/IFRA) de Katibougou, Mali

*Doumma Ali, (Professeur des universités du CAMES),*

Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n8p215](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p215)

---

Submitted: 05 January 2022

Accepted: 21 February 2022

Published: 28 February 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Seydou D., Seydou Y.A., Laya K., & Ali D., (2022). *Influence Des Cultures Intercalaires Et De Bordure De L'oseille De Guinée Et Du Gombo Sur La Dynamique Des Insectes Ravageurs Et La Production Du Coton Dans Les Conditions Agro-Écologiques De Katibougou, 2019 /Mali* European Scientific Journal, ESJ, 18 (8), 215.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n8p215>

---

### **Résumé**

La gestion des insectes ravageurs du cotonnier (*Gossypium hirsutum*) a toujours été émaillée par l'emploi répété de produits chimiques de synthèse, avec des effets néfastes sur l'environnement. Pour ce faire, une étude comparative portant sur différents modes d'association a été menée en vue d'apporter de nouvelles stratégies de biocontrôle des insectes ravageurs du cotonnier. L'essai a été conduit en plein champ à Katibougou au Mali sur un dispositif en bloc de Fischer avec 3 répétitions et 9 traitements. Les paramètres agronomiques et entomologiques ont été étudiés et les résultats suivants ont été obtenus : Les insectes ravageurs majeurs ont été *Dysdercus vólkeri* et



*Aphis gossypii*. Les modes de semis en bordure avec les deux plantes pièges (oseille de guinée et le gombo) ont attiré le maximum de *D. vôlkeri* avec 12 individus/4plants pour les traitements en mode d'implantation du gombo en bordure contre 4 individus/4plants sur le traitement témoin. Concernant *A. gossypii*, nous avons enregistré 77,33% individus sur 4 plants de gombo installé en bordure du cotonnier contre 77,67% individus pour 4 plants pour le témoin. Seul *Haritalodes derogata* n'a pas été attiré par les deux plantes pièges quel qu'en soit le mode d'implantation des cultures pièges. Le mode semis gombo intercalaire a obtenu le meilleur rendement avec 2264kg/ha contre 1292kg/ha sur le témoin. Les résultats obtenus permettent de conclure que le recours aux plantes pièges permet de contrôler les ravageurs majeurs du cotonnier et améliorer le rendement en coton grain tout en réduisant l'emploi des produits chimiques.

---

**Mots clés** : Coton, insectes ravageurs, plantes pièges, biocontrôle, Mali

## **Influence Of Intercropping And Border Crops Of Guinea Sorrel And Okra On Pest Insect Dynamics And Cotton Production In Agro-Ecological Conditions Of Katibougou, 2019 /Mali**

*Diallo Seydou, (Doctorant)*

Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée  
(IPR/IFRA) de Katibougou, Mali

*Yaro Alpha Seydou, (PhD, Maître de conférences des universités du CAMES),*

Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako  
(USTTB) de Bamako, Mali

*Kansaye Laya, (PhD, Maître de conférences)*

Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée  
(IPR/IFRA) de Katibougou, Mali

*Doumma Ali, (Professeur des universités du CAMES),*

Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

---

### **Abstract**

The management of insect pests of cotton has always been marked by the repeated use of synthetic chemicals, with adverse effects on the environment. In order to achieve this, a study on different association modes was compared to provide new strategies for biocontrol of insect pests of cotton. The trial was conducted in the field at Katibougou in Mali on a Fischer block design with 3 replications and 9 treatments. Agronomic and

entomological parameters were studied and the following results were obtained: The major insect pests were *Dysdercus vólkeri* and *Aphis gossypii*. The border planting modes with the two trap plants (guinea sorrel and okra) attracted the maximum number of *D. vólkeri* with 12 individuals/4plants for the okra border planting mode treatments versus 4 individuals/4plants on the control treatment. Concerning *A. gossypii*, we recorded 77.33% individuals on 4 okra plants installed in the cotton border against 77.67% individuals for 4 plants for the control. Only *Haritalodes derogata* was not attracted by the two trap plants whatever the mode of implantation of the trap crops. The okra intercropping method obtained the best yield with 2264kg/ha against 1292kg/ha on the control. The results obtained allow us to conclude that the use of trap plants can control the major pests of cotton and improve the yield of grain cotton while reducing the use of chemical products

---

**Keywords:** Cotton, insects pests, trap plants, biocontrol, Mali

## I. Introduction

Le cotonnier est l'une des plantes les plus cultivées dans le monde. L'exploitation de la fibre de coton joue un rôle important dans le développement de l'industrie textile (Berti et al., 2006). Mais aussi dans la production de l'huile végétale et de l'aliment bétail. Selon Eric en 2011 environ 60% de cette production est assurée par les pays asiatiques, 25% par les pays américains, 10% par les pays africains et les 5% restant partagés entre Océanie (Australie) et l'Europe (Grèce et l'Espagne). Le coton africain représentait environ 6% des exportations mondiales en 2010 et près de 3,5% de la superficie cotonnière dans le monde (FAO, 2011). Il constitue la principale source de revenus pour 15 à 20 millions de personnes et représente 60% des recettes d'exploitation. Au Mali, l'économie repose en grande partie sur l'agriculture en général. Le coton est la principale culture de rente et le premier produit d'exportation (Valenghi, 2001). Il représente 10% du produit intérieur brut (PIB) du secteur primaire et près de 58% des recettes d'exportation. Environ 25 % de la population est employée par la filière cotonnière. Les surfaces réservées à la culture du coton couvrent une superficie de 151.000 Km<sup>2</sup> et quelques 2 millions de paysans y travaillent dans près de 200 000 exploitations (Valenghi, 2001). En dépit des avantages tirés de la production cotonnière, sa production connaît des difficultés phytosanitaires notamment la pression parasitaire et les maladies. Parfois des résistances signalées des insectes aux produits phytosanitaires de synthèse par certains scientifiques et qui entraîne le plus souvent, une érosion de l'efficacité des produits. Ainsi, pour faire face aux pertes de rendement dues aux ennemis des cultures, en particulier ceux des cultures intensives notamment les cultures de rente, le cotonnier, la canne à sucre, les cultures

maraîchères et dans une moindre mesure les arbres fruitiers, les producteurs font recours à la lutte chimique par l'utilisation des pesticides. Ils permettent de réduire, voire annuler les nombreux préjudices causés aux cultures par leurs nombreux ennemis. Toutefois, une mauvaise utilisation de ces pesticides peut engendrer des problèmes se situant à quatre niveaux : une toxicité pour les utilisateurs en milieu agricole notamment les applicateurs (Toé et al., 2000) ; une toxicité pour le consommateur, liée à la présence de résidus toxiques (Fournier & Bonderf, 1983); une pollution de l'environnement et une toxicité envers les organismes non cibles (Toé et al., 2004). En plus, l'utilisation abusive et irrationnelle de ces produits engendre un impact négatif sur l'environnement et par ricochet sur la santé humaine comme l'indique les données statistiques estimées chaque année dans les pays en voie de développement. En effet, l'on estime à 1,5 millions de cas d'empoisonnements dus aux pesticides, entraînant la mort de plusieurs milliers de travailleurs agricoles (dont les enfants) dans les pays subsahariens (Achour et al., 2011).

Selon le rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé, le nombre annuel d'intoxications par pesticides est estimé entre 1 et 5 millions, dont plusieurs milliers de cas mortels ; d'autres études ont confirmé cette lourde létalité est liée aux pesticides en estimant le nombre annuel de décès à environ 300 000 cas. Il est estimé que 99 % de ces intoxications mortelles sont enregistrées dans les pays en développement qui sont particulièrement touchés par ce fléau en raison d'un manque de réglementation, la défaillance du systèmes de surveillance et l'insuffisance d'accès aux systèmes d'information (Achour et al., 2011). Aussi, plusieurs études faites au Bénin (Ahouangninou et al., 2011), au Togo(Kanda et al., 2013) et au Burkina Faso (Lehmann et al., 2016) ont montré que l'utilisation répétée et mal maîtrisée de produits chimiques pour la lutte phytosanitaire n'est pas sans conséquences pour la santé des agriculteurs, des consommateurs ou pour l'environnement. Ainsi, à cause de l'usage intensif des pesticides, différents écosystèmes africains (terrestres et aquatiques) sont contaminés par des résidus (Traoré et al., 2006)(Okoumassoun et al., 2002). Cela s'explique par le fait que seulement 0,1 % des pesticides pulvérisés dans les champs atteignent leur cible, le reste se dispersant dans le milieu en contaminant l'air, la terre et l'eau (Pimentel, 1995). Les conséquences de cette situation sont l'intoxication aiguë et chronique des agriculteurs, mais aussi l'exposition des consommateurs aux résidus de pesticides, qui est sous-estimée (Ngom et al., 2012). En effet, les malaises ressentis par 85 % des producteurs (irritations cutanées, toux, céphalées, nausées et vertiges) pourraient s'expliquer par le caractère nocif ou toxique des substances actives. Les mêmes affections ont été rapportées par( Gomgnimbou et al., 2009). Malgré le recours aux pesticides chimiques de synthèse, l'attaque du cotonnier par les insectes

représente la principale cause de destruction des récoltes de coton. Des estimations faites au cours de la conférence des Nations Unies pour le commerce et le Développement (CNUCED, 2003) indiquent que les pertes dues aux ravageurs représentent environ 15% de la production annuelle mondiale. Selon Oerke & Dehne (2004) et Guèye, (2011), les pertes de coton dues aux bio-agresseurs sont de l'ordre de 30% en moyenne avec 13% pour les arthropodes, 10% pour les agents pathogènes et 7% pour les mauvaises herbes. En Afrique de l'Ouest, les pertes de récolte dues aux ravageurs du cotonnier sont évaluées en moyenne à 47,96% et 15,5% du potentiel de production, respectivement dans les cultures classiques et transgéniques (PR-PICA, 2007). Des travaux de recherche en cours privilégient la voie agroécologique qui vise à insérer plus harmonieusement la culture cotonnière dans des paysages agricoles à biodiversité entretenue, afin de favoriser les régulations écologiques et réduire l'usage des intrants conventionnels (Deguine et al., 2008). Dans cette logique une attention particulière a été accordée à la coton culture pour servir non seulement au besoin de base, mais aussi pour des raisons économiques.

Comme toute autre étude de recherche en agroécologie, les plantes pièges utilisées dans notre étude notamment le gombo et l'oseille de guinée sont des cibles favorables à attirer les insectes nuisibles du cotonnier. Elles peuvent préserver la santé de l'homme, de l'environnement, à améliorer la qualité de la biodiversité et enfin constituent un refuge pour les auxiliaires. Ainsi, cette étude a pour objectif la détermination de l'influence de cultures intercalaires et de bordures (gombo et de l'oseille de guinée) avec du cotonnier sur la dynamique des insectes ravageurs majeurs et leur ennemi naturel.

## **I. Methodologie**

### **1.1. Matériel Végétal**

Le matériel végétal utilisé est constitué de cotonnier (*Gossypium hirsutum*), variété STAM- 59A, originaire du Togo, variété à port pyramidal qui peut atteindre une hauteur de 1,2 m. Ses feuilles présentent une pilosité moyenne. Le cycle est de 3 à 4 mois. Son rendement potentiel est de 3 tonnes à l'hectare. C'est la principale variété cultivée actuellement au Mali. La variété est devenue sensible aux attaques des principaux ravageurs du cotonnier (J. Traoré & Coulibaly, 2006).

Le gombo (*Abelmoschus esculentus*), variété << yellen >>, à section côtelée couleur vert moyennement foncé, contient beaucoup de mucilage. La germination nécessite 17 jours à 20°C, 13 jours à 25°C et 7 jours à 30°C. La température optimale pour la croissance est de 26-28°C. Les exigences en sol sont faibles ; la culture préfère un sol sableux. Les terrains silico-argileux, pas trop humides conviennent aussi à la culture. Le pH optimal du sol est de 6-6,8 (Traoré & Coulibaly, 2006). L'oseille de Guinée (*Hibiscus sabdarifa*) de la variété << dadié >> préfère un sol humide bien drainé. Elle tolère aussi une

ombre légère, la graine étant dure un trempage de 48 heures, avant le semis permet une meilleure germination. Le pH se situe entre 5 et 7 (Traoré & Coulibaly, 2006).

### 1.2.Site de l'essai

L'essai a été conduit en plein champ sur les parcelles de recherche de l'IPR/IFRA de Katibougou sur un sol ferrugineux tropical à texture de dominance limoneuse.

### 1.3.Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est le bloc de Fisher à trois répétitions, constituées de 15 parcelles élémentaires. Les blocs ont une longueur de 44m et 8m de largeur séparée par une allée d'1m. Les parcelles élémentaires sont également séparées d'1 m et leurs dimensions sont de 8mx8m. La superficie d'un bloc est de 44m de longueur et 8m soit (44m x 8 m) et celle de l'essai de 1144 m<sup>2</sup> (44m x 26m). Les différents traitements sont constitués de :

- T1. Parcelle au mode de semis intercalaire avec 2 lignes d'oseille de guinée alternée avec 4 lignes de cotonnier.
- T2. Parcelle au mode de semis intercalaire avec 2 lignes de gombo alternée avec 4 lignes de cotonnier répété deux fois.
- T3. Parcelle avec le système de culture en bordure, avec 1 ligne d'oseille de guinée tout autour du cotonnier.
- T4. Parcelle avec le système de cultures en bordure avec 1 ligne de gombo tout autour du cotonnier.
- T0. Parcelle témoin constitué de culture pure de cotonnier.

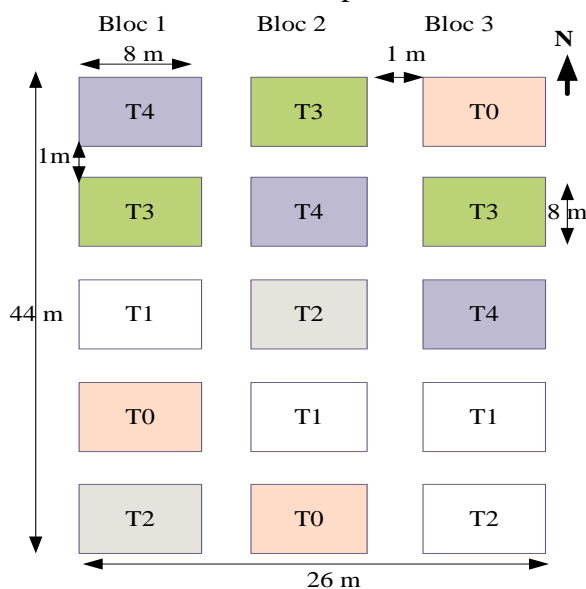


Figure 1. Plan de masse

#### **1.4. Conduite de l'essai**

Un labour à plat d'environ 15cm de profondeur de la parcelle d'implantation de l'essai a été effectué le 10 juillet 2019 au tracteur. Le nivellement et la délimitation parcellaire ces opérations ont été réalisées avant le semis. Le coton a été semé 11 Juillet 2019. Quant 'au gombo et l'oseille de guinée 3 semaines après le cotonnier. Les écartements ont été de 0,8 x 0,3 m. La fumure organique a été apportée à dose 10T/ha. Les parcelles ont bénéficié de trois sarclages dont le premier le 25 juillet 2019, le deuxième 15 jours après le premier suivi du démariage et le troisième sarclage au 70<sup>e</sup> jours après le semis. Un seul buttage a été réalisé 80 jours après le semis et les désherbages sont effectués à la demande. La récolte a été faite manuellement lorsque les capsules ont éclaté et libérer les fibres le 03 novembre 2019.

#### **1.5. Observations entomologiques et sanitaires**

Les observations entomologiques ont été hebdomadaires et ont porté essentiellement sur l'évolution des insectes ravageurs et leurs ennemis naturels. Le choix des plants à observer : Pour les modes de semis intercalaires 8 plantes pièges soit 4 plants de chacune des lignes et 12 plants de cotonnier ont été choisis au hasard sur la diagonale. S'agissant du mode de semis en bordure 2 plantes pièges de chaque côté de la parcelle élémentaire de soit 8 plantes pièges par parcelle élémentaire et 12 plants de cotonnier sur la diagonale. Concernant les parcelles témoins, 12 plants sont été également marqués sur la diagonale. Au total, 8 observations entomologiques ont été réalisées.

#### **1.6. Traitement des données collectées**

Les données sont regroupées dans une base de données Excel, puis transportées et analysées avec le logiciel Genstat édition 12 pour déterminer la variance entre les traitements et l'interaction entre les dates d'observation et les traitements. Les moyennes sont comparées avec le test de Student-Newman-Keuls au seuil de  $\bar{\alpha}$ = 5%.

## II. Resultats Et Discussion

### 2.1.Effets des cultures pièges sur l'évolution des populations de phytophage

#### 2.1.1. Evolution des populations de *Dysdercus völkeri* sur les cultures pièges et le cotonnier

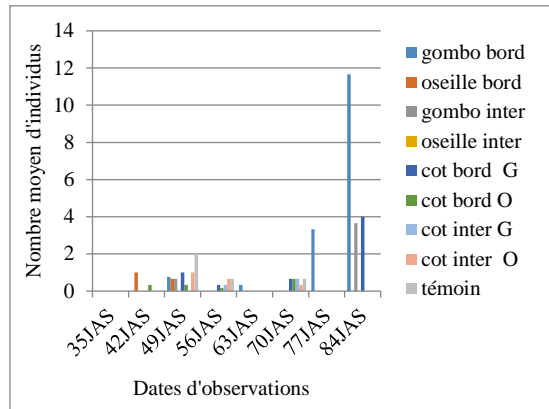


Figure 2. Evolution de *Dysdercus völkeri* sur les cultures pièges et le cotonnier

Les résultats affichés par l'analyse indiquent une différence hautement significative entre les traitements  $P < 0,001$  aux différentes dates d'observations. A la première date d'observation, *D. völkeri* est absent des parcelles. L'insecte est observé à partir de la 2<sup>e</sup> date d'observation (42<sup>e</sup> JAS) sur les plants du traitement oseille bordure avec 1 individu/plant et coton bordure oseille avec 0,33 individu/plant. Cette densité est restée faible jusqu'au 70<sup>e</sup> JAS. Au 77<sup>e</sup> JAS la densité a atteint 3,33 individus pour 4 plants sur les plants du coton bordure. Les densités les plus importantes ont été enregistrées au 84<sup>e</sup> JAS avec la plus forte densité sur les plants du traitement gombo bordure avec 11,66 individus pour 4 plants suivi du traitement coton entouré par le gombo (4 individus pour 4 plants) puis gombo inter 3,66 individus/plant. Par rapport à l'ensemble des dates d'observation la population cumulée la plus importante est enregistrée sur les plants du traitement gombo semé en bordure du cotonnier avec 16 contre 0 individu sur l'oseille de guinée en intercalaire du cotonnier et 3 individus de *D. völkeri* sur les plants du traitement du témoin.

Le gombo, quel qu'en soit le mode de culture permet, d'attirer plus *D. völkeri* que l'oseille de guinée. Ces résultats ne sont pas conformes à ceux obtenus par Cissé (2016) où la capacité des plantes pièges à divertir les insectes est faible notamment le sesame et le maïs avec 2,4 individus pour 20 plants observés.

### 2.1.2. Evolution des populations d'*Aphis gossypii* sur les cultures pièges et le cotonnier

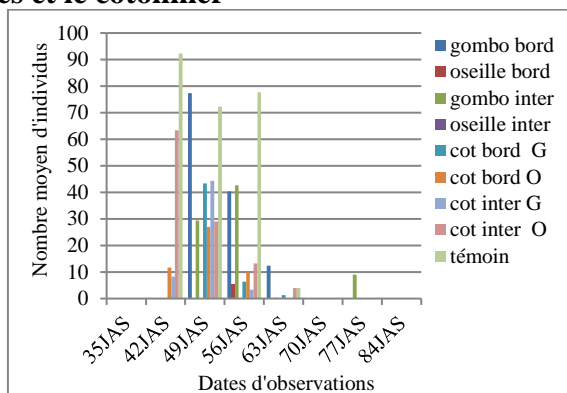


Figure 3. Evolution de *Aphis gossypii* sur les cultures pièges et le cotonnier

Nous avons observé une différence hautement significative  $P < 0,001$ . On constate qu'une étroite corrélation existe entre l'évolution de ce ravageur et celle des coccinelles sur les cultures. Toutes les cultures principales et plantes pièges ont été attaquées par les *A. gossypii* avec de très fortes densités. Dès les premières observations les actions manifestes des insectes sur les cultures ont été remarquées avec de niveau d'infestation élevée d'abord sur le traitement témoin jusqu'à 90 individus par plant environ. En ce qui concerne les plantes pièges une certaine efficacité est prouvée à travers les densités accrues observées sur toutes les cultures pièges confondues avec des populations de densités variables entre 0 et 77 individus par plant. Les dernières périodes d'observations ont montré de très faible proportion d'insectes sur toutes les cultures pièges et principale grâce à l'effet des eaux de pluies.

Ainsi, pour l'ensemble des dates d'observations la population cumulée la plus importante est enregistrée sur les plants du traitement témoin pour 90 individus par contre le traitement gombo installé en bordure du cotonnier a abrité 77 individus. Ces résultats apportent la preuve d'une certaine efficacité obtenue avec des plantes pièges dans le biocontrôle des *A. gossypii*. Selon Cissé (2016) la moyenne des effectifs de pucerons est de 18,1 individus pour 20 plants sur les traitements et de 33,5 individus observés sur 4 plantes pièges.



### 2.1.3. Evolution des populations *Haritalodes derogata* sur les cultures pièges et le cotonnier

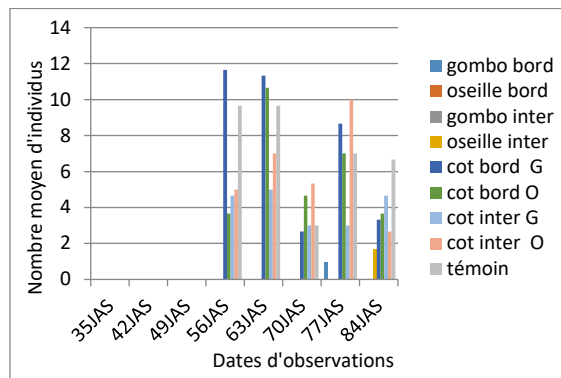


Figure 4.évolution de *Haritalodes derogata* sur les cultures pièges et le cotonnier

Les résultats affichés par l'analyse indique une différence hautement significative entre les traitements  $P < 0,001$  aux différentes dates d'observations. Pendant les deux premières dates d'observations, *H. derogata* est absent sur tous les traitements. c'est à partir de la quatrième date d'observation que la chenille est observée avec les symptômes caractéristiques d'enroulement des feuilles du cotonnier sur les différents traitements avec des densités variant entre 3,66 individus pour 4 plants pour le traitement coton intercalaire gombo et 11,66 individus pour 4 plants pour le coton bordure gombo. Au 63<sup>e</sup> JAS la densité des populations est comprise entre 5 individus pour 4 plants pour le coton intercalaire gombo et 11,33 individus pour 4 plants pour le coton bordure gombo. Cette 1<sup>ère</sup> phase de pic est suivie d'une légère baisse de densités variant entre 4,66 individus pour 4 plants pour le traitement pour le coton bordure gombo et 5,33 individus pour 4 plants pour le traitement coton intercalaire oseille de guinée au 70<sup>e</sup> JAS. La seconde phase de pic est observée au 77<sup>e</sup> JAS suivie d'une nouvelle baisse au 84<sup>e</sup> JAS à la dernière date d'observation.

Ainsi, pour l'ensemble des dates d'observations la population cumulée la plus importante est enregistrée sur les plants du traitement gombo installé en bordure du cotonnier avec 37,64 individus pour 4 plants, contre 35,98 individus pour 4 plants du traitement témoin, 20,32 individus pour 4 plants pour le coton en intercalaire du gombo ; 29,99 individus pour 4 plants pour le coton intercalaire oseille de guinée et 29,31 individus pour 4 plants sur l'oseille de guinée installé en bordure du cotonnier. Les populations cumulées élevées au niveau de tous les systèmes de cultures associés au cotonnier attestent que le gombo et l'oseille de guinée n'ont pas d'effet sur les populations de *H. derogata*.

## 2.2.Effets des cultures pièges sur le rendement en coton graine

Les résultats de l'analyse de la variance des données révèlent que les plantes pièges avec les différents modes de semis ont eues des effets significatifs sur le rendement en coton graine avec  $P=0,049$  et  $\alpha=0.05$ . Ainsi, le meilleur rendement est obtenu au niveau des parcelles du mode semis gombo intercalaire avec le cotonnier pour 2264kg/ha suivi du traitement oseille de guinée intercalée avec le cotonnier avec 1778kg. Le plus faible rendement est obtenu sur le témoin avec 1292kg/ha. Ces rendements sont supérieurs à ceux obtenus dans les pratiques conventionnelles estimées à 900 kg/ha. En outre, ils confirment les résultats obtenus par les auteurs (Traoré & Coulibaly, 2006) au Mali et (Bagayogo & Coulibaly, 2003) au Mali qui ont mené quelques travaux sur le gombo d'une part et sur le gombo et le tournesol comme plantes pièges d'autre part.

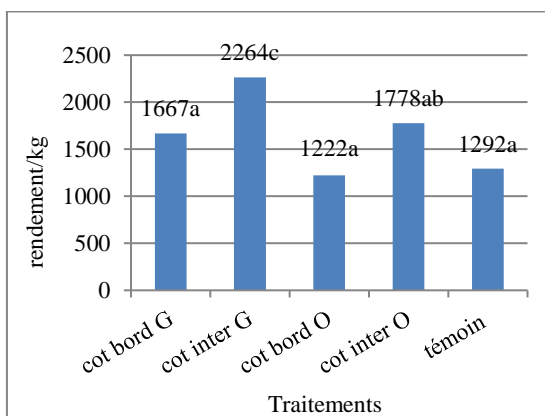


Figure 5.Rendement parcelaire du cotonnier

### III. Conclusion

Le contrôle des insectes ravageurs par des méthodes alternatives aux pesticides chimiques de synthèses est une préoccupation majeure pour les producteurs soucieux de la protection de l'environnement. Ainsi, la mise en place d'une stratégie de lutte biologique par l'usage des plantes pièges permet d'apporter des solutions vis-à-vis de ce problème des ravageurs sans l'utilisation d'insecticides chimiques de synthèse. Les résultats de l'utilisation des plantes pièges comme l'oseille de guinée et le gombo en intercalaires de culture en bordure dans la gestion de *D. vòlkeri* et *A. gossypii* ont permis de conclure que :

- l'oseille de guinée semble être le moins efficace dans le contrôle de la dynamique d'évolution de *D. vòlkeri* et *A. gossypii*.
- les systèmes de culture en bordure et en intercalaire du gombo offrent les meilleurs résultats de contrôle des ravageurs *D. vòlkeri* et *A. gossypii*.
- le gombo et l'oseille de guinée n'ont pas d'effets sur les populations de *H. derogata*.

- le mode semis gombo intercalaire a obtenu le meilleur rendement avec 2264kg/ha contre 1292kg/ha sur le témoin.

Cette étude est une piste de recherche en biocontrôle des insectes ravageurs du cotonnier. Les investigations doivent aider à l'obtention des plantes pièges/services et leurs utilisations pour une meilleure gestion agroécologique des insectes ravageurs du cotonnier.

### References:

1. Achour, S., Khattabi, A., Rhalem, N., Ouammi, L., Mokhtari, A., Soulaymani, A., & Bencheikh, R. S. (2011). L'intoxication par les pesticides chez l'enfant au Maroc : Profil épidémiologique et aspects pronostiques (1990-2008). *Santé publique*, 23(3), 195-205.
2. Ahouangninou, C., Fayomi, B. E., & Martin, T. (2011). Évaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers dans la commune rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin). *Cahiers agricultures*, 20(3), 216-222.
3. Bagayogo, A., & Coulibaly, A. K. (2003). *Effet des six durées de macération de l'amende de Neem sur les ravageurs du cotonnier et leurs ennemis naturels dans les conditions agro-climatiques de l'IPR/IFRA de Katibougou. Mémoire de fin d'Etude du Cycle d'Ingénieur en Agronomie. IPR/IFRA de Katibougou, Mali, 57 P.*
4. Berti, F., Hofs, J.-L., Zagbaï, H. S., & Lebailly, P. (2006). Le coton dans le monde, place du coton africain et principaux enjeux. *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*, 10(4).
5. Cissé. (2016). *Influence de la polyculture sur la dynamique des populations de l'arthropodofaune phytophage du cotonnier et de leurs ennemis naturels dans les conditions agro-écologiques de katibougou au mali.*
6. CNUCED. (2003). (*Conférence des Nations Unies pour le Commerce et le Développement*), *Le développement économique en Afrique. UNCTAD/GDS/AFRICA 1 95 p.*
7. Deguine, J.-P., Russell, D., & Ferron, P. (2008). *Agroecology and ecological engineering for pest management. Cotton protection as a case study.*
8. Eric, J. (2011). *Service économique agricole et filière, Directeur de l'alimentation de l'agriculture et de la forêt point focal national du projet e-PRPV (d'élargissement du programme régional de protection des végétaux). 21 P.*
9. FAO. (2011). *Produire Plus avec Moins. Guide à l'Intention des Décideurs sur l'Intensification Durable de l'Agriculture Paysanne. FAO: Rome 106p.*

10. Fournier, E., & Bonderf, J. (1983). *Les produits antiparasitaires a usage agricole; conditions d'utilisation et toxicologie.*
11. Gomgnimbou, A. P., Savadogo, P. W., Nianogo, A. J., & Millogo-Rasolodimby, J. (2009). Usage des intrants chimiques dans un agrosystème tropical: Diagnostic du risque de pollution environnementale dans la région cotonnière de l'est du Burkina Faso. *BASE*.
12. Guèye, M. (2011). *Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : Une revue. BASE - Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 15(1) : 183-194.*
13. Kanda, M., Djaneye-Boundjou, G., Wala, K., Gnandi, K., Batawila, K., Sanni, A., & Akpagana, K. (2013). Application des pesticides en agriculture maraîchère au Togo. *VertigO: la revue électronique en sciences de l'environnement, 13(1).*
14. Lehmann, E., Oltramare, C., Nfon Dibié, J.-J., Konaté, Y., & De Alencastro, L. F. (2016). *Assessment of occupational exposure to pesticides with multi-class pesticide residues analysis in human hairs using a modified QuEChERS extraction method, case study of gardening areas in Burkina Faso. POST\_TALK.*
15. Ngom, S., Seydou, T., Thiam, M. B., & Anastasie, M. (2012). Contamination des produits agricoles et de la nappe phréatique par les pesticides dans la zone des Niayes au Sénégal. *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie, 25, 119-130.*
16. Oerke, E., & Dehne, H. (2004). *Safeguarding production – losses in major crops and the role of crop protection. Crop Protection, 23 : 275-85.*
17. Okoumassoun, L.-E., Brochu, C., Deblois, C., Akponan, S., Marion, M., Averill-Bates, D., & Denizeau, F. (2002). Vitellogenin in tilapia male fishes exposed to organochlorine pesticides in Ouémé River in Republic of Benin. *Science of the Total Environment, 299(1-3), 163-172.*
18. Pimentel, D. (1995). Amounts of pesticides reaching target pests : Environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and environmental Ethics, 8(1), 17-29.*
19. PR-PICA. (2007). *(Programme Régional de Protection Intégrée du Cotonnier en Afrique), 2013. Rapport synthèse des activités de recherche du Programme Régional de Protection Intégrée du Cotonnier en Afrique , 49p.*
20. Toé, A., Domo, Y., Héma, O., & Guissou, P. (2000). Epidémiologie des intoxications aux pesticides et activité cholinestérasique sérique chez les producteurs de coton de la boucle du Mouhoun. *Etudes et recherches sahéliennes, 4, 5.*

21. Toé, A., Kinane, M., Kone, S., & Sanfo-Boyarm, E. (2004). Le non-respect des bonnes pratiques agricoles dans l'utilisation de l'endosulfan comme insecticide en culture cotonnière au Burkina Faso: Quelques conséquences pour la santé humaine et l'environnement. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*, 2(3-4), 275-280.
22. Traoré, J., & Coulibaly, A. K. (2006). *Etude de l'efficacité d'une plante piège des ravageurs du cotonnier: Le gombo dans les conditions de l'agro-écosystème de katibougou. Mémoire de fin d'Etude du Cycle d'Ingénieur en Agronomie. IPR/IFRA de Katibougou, Mali, IPR/IFRA de katibougou, 54 P.*
23. Traoré, S. K., Mamadou, K., Dembélé, A., Lafrance, P., Mazelliert, P., & Houenou, P. (2006). Contamination de l'eau souterraine par les pesticides en régions agricoles en Côte-d'Ivoire (Centre, Sud et Sud-Ouest). *Journal africain des sciences de l'environnement*, 1(1), 1-9.
24. Valenghi, D. (2001). *Coton biologique au Mali. 44 pages.*