

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

*January 2022*

**European Scientific Institute, ESI**

*The content is peer reviewed*

**ESJ Natural/Life/Medical Sciences**

*January 2022 edition vol. 18, No. 3*

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 Gentzoglanis,**  
University of Sherbrooke, Canada

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

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

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

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

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

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

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

**Gamal Elgezeery,**  
Suez University, Egypt

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

**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 Superieure des Sciences et Techniques (ESSET), Cameroon

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

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

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

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

**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 Vlore “Ismail Qemali, Albania

**Abu Hamja,**  
Aalborg University, Denmark

**Stankovska Gordana,**  
University of Tetova, Republic of Macedonia

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

**Maria Leticia Bautista Diaz,**  
National Autonomous University, Mexico

**Bruno Augusto Sampaio Fuga,**  
North Parana University, Brazil

**Anouar Alami,**  
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

**Vincenzo Riso,**  
University of Ferrara, Italy

**Janhavi Nagwekar,**  
St. Michael’s Hospital, Canada

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

**Xi Chen,**  
University of Kentucky, USA

**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  
January 2022 edition Vol.18, No.3

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

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



# Table of Contents:

**Epidémiologie Des Anomalies Morphologiques Néonatales En Milieu Hospitalier À Kara (Nord Togo) De 2014 À 2019.....1**

*Segbedji KAR*

*Tchagbele O-B*

*Takassi OE*

*Kombieni K.*

*Talboussouma SM*

*Agrigna H.*

*Djadou KE*

*Gbadoé AD*

*Azoumah KD*

**Sustaining Water Systems in Rural and Small Towns in Ghana: The Role of Traditional Authorities in the Krachi West District.....10**

*Raymond Kwasi Boasinke*

*Imoro Braimah*

**Composition, Structure And Diversity of The Vegetation of The Manda National Park (MNP) in The Moyen-Chari Province of Chad.....27**

*Esaie Waya*

*Ibrahima Adamou*

*Tchoua Paul*

*Maïgari Pale*

**Dose Variation To Critical Points In Low Dose Rate Intracavitary  
Brachytherapy Of Cervical Cancer As Justification For Incident  
Learning.....48**

*Eric C.D.K. Addison*

*Joseph Adom*

*Francis Hasford*

*John H. Amuasi*

**Consumo De Alcohol Y Tabaco Y Estilos De Vida En Trabajadores  
Industriales.....67**

*Blanca Guadalupe Díaz Jiménez*

*Nancy Paola Ortiz Sánchez*

*María Guadalupe Celestino Hernández*

*Sarket Gizeh Juárez Nilo*

*Adriana Martínez Díaz*

*René Rico Sánchez*

*Elizabeth Montoya Guardiola*

*Nancy Viridiana Ruiz Vargas*

*Ruth Magdalena Gallegos-Torres*

**Modélisation Des Niveaux D'eau Extrêmes Sur Les Plages Sableuses De  
Malibu, De Gadaye Et De Malika (Dakar, Sénégal) Consécutives À La  
Tempête Du 19 Novembre 2018.....79**

*Cheikh Omar Tidjani Cisse*

*Papa Sagne*

*Boubacar Fall*

*Kader BA*

*Boubou Aldiouma SY*

*Augustin Marone*

**Antioxidant And Anti-Inflammatory Effects Of Ethanolic And Aqueous  
Root Extracts Of Piliostigma Thonningii (Schumach.) Milne-  
Redhead.....101**

*Sylla Tahiri*

*Dongui Bini Kouamé*

**The Challenges Confronting Computerized Health Records System  
Performance of the Pentecost Hospital, Accra: A Qualitative  
Study.....112**

*Charles Owusu-Aduomi Botchwey*

**Parametric Simulation and Exergy Analysis of a 30w Ethanol Fuel Cell:  
A Theoretical Approach.....121**

*Emeniru Daniel C.*

*Ogoro Zino Bright*

*Osazee Ogbeifun E.*

*Owutuamor Fredrick T.*

*Olawale Adegboyega S.*

*Oguche John Enemona*

**Impact De L'orpillage Clandestin Sur Les Ressources Floristiques De  
La Zone Phytogéographique De Kanoroba (Côte d'Ivoire).....139**

*Akpo Kouakou Sylvain*

*Cauphys-Ama Béatrice Assamoi*

*Coulibaly Sandotin Lassina*

*Kouakou Kouamé*

*Eba Mian Germain*

*Coulibaly Lacina*

**Características Circadianas del sueño en Personas Adultas de Panamá.....162**

*Biseth Araúz- Arauz*

*Gabriel Medianero-Araúz*

**The Effect of B, Al, N, and P Impurities on the Electronic Structure of Si<sub>0.3</sub>Sn<sub>0.7</sub>Ge alloy: A First-Principles Approach.....186**

*Collins E. Ouserigha*

*Ayibapreye K. Benjamin*

**Knowledge Sharing, Individualism, Collectivism, and Organizational Innovative Behaviour in Public Health Organizations.....195**

*Khawaja Asif Tasneem*

*Saba Feroz Qureshi*

**Perceptions Paysannes Des Aléas Climatiques Sur La Production Du Riz Sur Le Périmètre Irrigué De Saga Dans La Vallée Du Fleuve Niger.....217**

*Seydou Tahirou*

*Patrice Zerbo*

*Yacouba Sanou*

*Samuel Paré*

*Manan Nassirou Ado*

**Phytochemical Screening, Antibacterial Activity And Acute Oral Toxicity  
Of Aqueous And Ethanolic Extracts Of Harrisonia Abyssinica (Rutaceae)  
Leaf: Wild Plant Used In Benin Pharmacopeia.....235**

*Ogoubé Raïmantou Egbèyèmi*

*Atindéhou Ménonvè Cynthia*

*Osséni Razack*

*Houngué Rodrigue*

*Lalèyè Anatole*

*Djégo Julien*

**Caracterización Físico-Química Y Organoléptica De Un Licor A Base De  
Piñuela.....255**

*Arianna del Ángel Pacheco May*

*Bibiana Piedra Vázquez*

*Cecilia de Jesús López Velasco*

*Maximiliano Vanoye Eligio*

*Jocabeth Eunice Naal Espinosa*

**Perceptions sur les Conduites Dopantes dans le Sport dans la Ville de  
Bobo-Dioulasso (Burkina Faso).....262**

*Clarisse Ouédraogo*

*Samson Guenné*

*Martin Bienvenu Somda*

*Sonia Marie Blanche M'Po*

*Issa Sidibé*

*Ibrahim Séké*

*Nâg-Tiero Roland Méda*

**Evaluation De La Diversité Phénologique Et Morphologique De Neuf Variétés De Piment (Capsicum Spp.) Cultivées Dans La Région Du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire).....278**

*Akaza Moroh Joseph*

*Goré Bi Boh Nestor*

*Anzara Gnigouan Kadio Guy Roland*

*Siniyobo Issa*



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Epidémiologie Des Anomalies Morphologiques Néonatales En Milieu Hospitalier À Kara (Nord Togo) De 2014 À 2019**

***Segbedji KAR,***

***Tchagbele O-B,***

Département de pédiatrie, CHU Kara, Université de Kara, Togo

***Takassi OE,***

Département de pédiatrie, CHU- SO, Université de Lomé, Togo

***Kombieni K,***

***Talboussouma SM,***

***Agrigna H,***

Département de pédiatrie, CHU Kara, Université de Kara, Togo

***Djadou KE,***

Département de pédiatrie, CHU- SO, Université de Lomé, Togo

***Gbadoé AD,***

***Azoumah KD***

Département de pédiatrie, CHU Kara, Université de Kara, Togo

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p1](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p1)

Submitted: 17 December 2021

Accepted: 03 January 2022

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Segbedji KAR, Tchagbele O-B, Takassi OE, Kombieni K, Talboussouma SM, Agrigna H, Atakouma YD, Djadou KE, Gbadoé AD, & Azoumah KD., (2022). *Epidémiologie Des Anomalies Morphologiques Néonatales En Milieu Hospitalier À Kara (Nord Togo) De 2014 À 2019* European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p1>

### **Résumé**

La rareté apparente des malformations néonatales cliniquement décelables au Nord Togo a motivé la présente étude de série de cas visant à décrire l'aspect épidémiologique de ces malformations en milieu hospitalier. La prévalence des malformations néonatales était de de 3,6 pour 1000 naissance vivantes. Les malformations retrouvées concernaient essentiellement la tête et la face (37,2%), les membres (33%) et la colonne vertébrale (14,9%), les organes génitaux externes (9,4%) et l'abdomen (6,3%). Les nouveau-nés malformés étaient issus pour la plupart des mères âgées entre 26 et 30 ans (31,25%), ménagères (67,2%), et de niveau scolaire primaire

(47%). Les facteurs de risque susceptibles d'être responsables de la survenue des malformations congénitales sont l'âge maternel avancé, le bas niveau socio-économique, l'alcoolisme, et la multiparité (43,7%).

---

**Mots clés:** Malformation, Congénitale, Épidémiologie, Facteur De Risque, Prévalence, Togo

## **Epidemiology of Morphological Birth Defects in Hospital Ward in Kara From 2014 To 2019**

*Segbedji KAR,*

*Tchagbele O-B,*

Département de pédiatrie, CHU Kara, Université de Kara, Togo

*Takassi OE,*

Département de pédiatrie, CHU- SO, Université de Lomé, Togo

*Kombieni K,*

*Talboussouma SM,*

*Agrigna H,*

Département de pédiatrie, CHU Kara, Université de Kara, Togo

*Djadou KE,*

Département de pédiatrie, CHU- SO, Université de Lomé, Togo

*Gbadoé AD,*

*Azoumah KD*

Département de pédiatrie, CHU Kara, Université de Kara, Togo

---

### **Abstract**

The apparent rarity of clinically detectable neonatal malformations in North Togo motivated the present case series study aimed at describing the epidemiology of these malformations in hospital settings. The prevalence of neonatal malformations was 3.6 per 1000 live births. The malformations found mainly concerned the head and face (37.2%), limbs (33%) and spine (14.9%), external genitalia (9.4%) and abdomen (6.3%). The malformed newborns were mostly from mothers aged between 26 and 30 years (31.25%), housewives (67.2%), and primary school level (47%). The risk factors likely to be responsible for the occurrence of congenital malformations are maternal advanced age, low socioeconomic status, alcoholism, and multiparity (43.7%).

---

**Keywords:** Malformation, Congenital, Epidemiology, Risk Factor, Prevalence, Togo



## **Introduction**

Les malformations congénitales sont la conséquence de plusieurs facteurs génétiques, infectieux, médicamenteux ou environnementaux mais dont le mécanisme n'est pas encore élucidé à ce jour.

En Europe, la prévalence des malformations congénitales est d'environ 2,5% avec une létalité néonatale comprise entre 20 et 25% (OMS, 2010).

Dans les pays à ressources limitées, les politiques de santé publique s'orientent vers les trois principales causes de mortalité néonatale (asphyxie périnatale, prématurité et infection néonatale) bien que les malformations congénitales soient également une cause de décès néonatale (Sabiri et al., 2013). Ainsi, peu de données sur la prévalence des malformations néonatales sont disponibles. La prévalence des malformations varie de 2,9 à 9 pour 1000 naissances vivantes selon les études hospitalières souvent peu exhaustives (Sabiri et al., 2013 ; Youl, 2011 ; Lubala, 2011 ; Assimady et al., 1997).

*Les malformations congénitales, en plus d'être vécues comme un cauchemar compte tenu des difficultés de prise en charge, sont considérées comme des faits mystiques et religieux en Afrique (Lubala, 2011).*

La présente étude visait à décrire le profil épidémiologique des malformations néonatales cliniquement décelables au CHU Kara (Togo). De façon spécifique, l'étude avait pour objectifs de déterminer la prévalence des malformations, d'identifier leurs principaux facteurs de risque et de décrire leur prise en charge en milieu sous-équipé et en équipe pluridisciplinaire.

## **Patients et méthodes**

Les services de pédiatries et de gynéco-obstétriques de référence publique de la ville de Kara à savoir le Centre Hospitalier Universitaire (CHU) et le Centre Hospitalier Régional (CHR-Tomdè) nous ont servi de cadre d'étude.

Il s'est agi d'une étude de série de cas colligés de janvier 2014 à février 2019 dans les deux principaux centres hospitaliers de la ville de Kara (Nord Togo). L'étude a porté sur tous les nouveau-nés (mort-nés ou nés vivants) présentant une malformation congénitale cliniquement visible à la maternité et/ou en hospitalisation pédiatrique.

L'outil de collecte de données utilisé était une fiche d'enquête structurée en trois parties. La première partie a concerné les variables sociodémographiques des mères, la deuxième partie les antécédents de la mère et la troisième partie les variables sur le nouveau-né. L'administration indirecte par un personnel soignant de questionnaire, le dépouillement des registres d'accouchement et des observations, et des dossiers médicaux des nouveau-nés ont été les techniques de collecte utilisées. L'anonymat des enfants malformés et sur le consentement éclairé de leurs mères étaient respectés lors de la collecte des données.

L'analyse et le traitement des données ont été faits à l'aide du logiciel Excel 2007 et Word 2013.

## Résultats

### Prévalence des malformations

Pendant la période d'étude, nous avons enregistré 64 cas de malformations sur un effectif de 13363 accouchements, soit une prévalence de 3,6 pour 1000 naissances.

### Différents types de malformations

Au total nous avons identifié 19 types de malformations que présentaient les nouveau-nés vivants et les mort-nés. Les plus fréquentes étaient : les pieds bots et ou équins (21,9%), l'hydrocéphalie (15,6%) et le spina-bifida (12,5%). Les différents types de malformations sont présentés dans le tableau I.

**Tableau I** : Répartition des différents types de malformations en fonction de leur localisation

	Effectif	Pourcentage (%)
<b>Tête et cou</b>	<b>25</b>	<b>39</b>
Hydrocéphalie	11	17,2
Anencéphalie	5	7,8
Fente palatine	5	7,8
Myéloencéphalocèle	2	3,1
Microcéphalie	2	3,1
<b>Membres</b>	<b>20</b>	<b>31,3</b>
Pieds bots et ou équins	14	21,9
Polydactylie ou syndactylie	6	9,4
<b>Colonne vertébrale</b>	<b>9</b>	<b>14</b>
Spina-bifida	9	14,0
<b>Paroi abdominale</b>	<b>4</b>	<b>6,3</b>
Laparoschisis	3	4,7
Omphalocèle	1	1,6
<b>Organes génitaux externes</b>	<b>6</b>	<b>9,4</b>
Hypospadias	5	7,8
Aphalie (absence complète de sexe)	1	1,6

### Variables sociodémographiques des mères

L'âge moyen des mères des enfants malformés était de 31 ans avec des extrêmes de 16 et 41 ans. Deux mères (3,2%) étaient des adolescentes et dix-huit mères avaient un âge supérieur à 38 ans.

Les mères avaient un niveau scolaire primaire (47%), secondaire (30%), mais des analphabètes dans 23% des cas.

Concernant leurs occupations, les mères étaient des ménagères (67,2%), des commerçantes (23,4%), des fonctionnaires (6,3%) et des étudiantes (3,1%).

Les nouveau-nés étaient de sexe féminin (37%) ou masculin (61%). Le sexe était absent dans un cas.

### **Facteurs de risques maternels**

Les mères ne souffrant d'aucune maladie chronique représentaient 90,6% des cas. Les antécédents pathologiques (9,4% des cas) étaient dominés par la co-infection hépatite B et l'infection au virus de l'immunodéficience humaine (3 cas), l'hépatite virale B isolée (2 cas), le diabète (1 cas), l'hypertension artérielle (1 cas).

Les multigestes représentaient 42,2% et 9,4% étaient des grandes multigestes. Les primigestes et les paucigestes représentaient respectivement 25% et 23,4% des cas.

Les multipares représentaient 43,7% et 6,3% étaient des grandes multipares. Les primipares et les paucipares représentaient respectivement 24% et 26% des cas.

Les nouveau-nés issus d'un accouchement par voie basse étaient de 41 soit 64,1% des cas et 23 étaient issus d'un accouchement par la voie haute (césarienne) soit 35,9% des cas.

Les mères qui consommaient de l'alcool recensées dans cette étude représentaient 17,2% des cas.

### **Variables concernant les nouveau-nés**

La grossesse était menée à terme dans 56 cas (87,5%) et la prématurité a été notée dans 8 (12,5%).

Vingt-trois nouveau-nés étaient réanimés soit 35,9% des cas et 41 non réanimés soit 64,1% des cas. Les nouveau-nés vivants étaient 52 (81,2%) et 12 mort-nés (18,8%).

La taille moyenne à la naissance était 43,5 cm avec des extrêmes de 36 cm et 51 cm. Le périmètre crânien moyen à la naissance était de 35,5 cm avec des extrêmes de 20 cm et 51 cm. Le poids moyen à la naissance était de 2700 grammes avec des extrêmes de 1100 grammes et 4300 grammes.

### **Prise en charge**

Dans 43,8% des cas, les nouveau-nés admis en pédiatrie nécessitaient une intervention chirurgicale (tableau II).

**Tableau II** : Répartition des cas de malformations en fonction de la décision médicale

	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage (%)</b>
Intervention chirurgicale	28	43,8
Aucune décision médicale nécessaire	12	18,8

Immobilisation plâtrée et rééducation	12	18,8
Non précisée	10	15,6
Ligature pour polydactylie	1	1,6
Immobilisation plâtrée, rééducation et badigeonnage	1	1,6
<b>Total</b>	<b>64</b>	<b>100</b>

## Discussion

### Prévalence

La prévalence des malformations congénitales cliniquement décelables en milieu hospitalier à Kara était de 3,6 pour 1000 naissances. Cette prévalence est inférieure à celle de Kamla et al (2017) dans leur étude sur l'épidémiologie des malformations congénitales visibles à la naissance à Yaoundé en 2017 qui trouvaient une prévalence de 9 cas pour 1000 naissances vivantes dans 10 maternités. Elle est largement inférieure à celui de Lubala (2011) à Lubumbashi. La variabilité de ces résultats s'expliquerait par les méthodes utilisées et la durée des études.

Dans notre étude, il y avait une prédominance des malformations de la tête et de la face (37,2%) suivies des malformations des membres (33%) et de la colonne vertébrale (14,9%). Les anomalies du crâne (33,5%) et de la face (29,5%) étaient prédominantes (Coulibaly et al., 1997). Cependant, les malformations de membres étaient les plus fréquentes dans 63,93% des cas à Cotonou (Fiogbe et al., 2012) et dans (35,4%) à Ouagadougou (Youl, 2011). Il y avait une prédominance masculine dans notre travail, ce qui est similaire aux résultats rapportés à Abidjan en milieu hospitalier (Mouafo et al., 2004). Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait qu'on accouchait plus le sexe masculin dans les centres étudiés. D'autres auteurs rapportent au contraire une prédominance féminine (Konaté, 2008 ; Youl, 2011).

Un nouveau-né sans organe génital externe (aphalie) a été retrouvé dans cette étude. Kamla et al. (2017) ont retrouvé quatre nouveau-nés polymalformés sans organes génitaux externes. Cette prédominance étant variable, nous ne pouvons pas tirer de conclusion entre le sexe et la survenue de malformations congénitales. Néanmoins certaines malformations sont spécifiques au sexe masculin (hypospadias et kyste du cordon).

### Facteurs de risque

L'âge moyen des mères était de 31 ans, la tranche d'âge comprise entre 26 et 30 ans (31,3%) a été la plus concernée. Ces résultats sont proches de ceux retrouvés à Rabat au Maroc (Benzerouale, 2017) où l'âge moyen des mères était de 29,5 ans et un pic constaté pour la tranche d'âge de 20-35 ans. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que cette tranche d'âge correspond à l'âge moyen de la procréation. Le risque de malformation est élevé après

l'âge de 38 ans (Shawky et al., 2011). En effet, les études génétiques montrent bien que l'âge maternel avancé est un facteur déterminant dans l'apparition d'enfants porteurs d'anomalies génétiques et par conséquent de malformations congénitales (Hollier et al., 2000 ; Nazer et al., 2007).

Dans 67,2% cas, les nouveau-nés étaient issus d'une mère ménagère. Youl et Alassane ont fait le même constat en trouvant respectivement 92,5% et 83,7% (Youl, 2011 ; Alassane,2006). La non adhésion des femmes à la supplémentation systématique en fer acide folique et le mauvais suivi de la grossesse pourraient expliquer certaines malformations à l'instar du spina bifida. Le niveau socio-économique représente un facteur de risque puisqu'il est responsable dans la majorité des cas des malformations du tube neural ainsi que des fentes palatines (Benzerouale, 2017). Un bas niveau socio-économique est souvent corrélé à un mauvais suivi de la grossesse et à une insuffisance dans la prévention des malformations.

Le risque de malformations était réduit chez les primipares (12%) et s'accroissait chez les multipares (43,7%). Youl a fait le même constat en trouvant une fréquence de 51,5% et expliquait que le risque de malformations congénitales augmentait avec la parité de façon significative (Youl, 2011). Par contre Konaté (Konate, 2008) avait trouvé que les malformations congénitales étaient plus fréquentes chez les primipares.

Cinq mères étaient suivies pour des pathologies chroniques (7,8%). Le diabète maternel, l'asthme et d'autres affections chroniques ont été incriminés dans la survenue de malformations congénitales (Sabiri et al., 2013 ; Agence de la santé publique du Canada, 2013 ; Benzerouale, 2017). Les maladies chroniques peuvent expliquer l'apparition des malformations congénitales dans notre étude, c'est le cas de l'hypertension artérielle, l'hépatite B, le diabète, l'asthme et le VIH/SIDA.

Dans cette étude, les mères consommatrices d'alcool pendant leur grossesse étaient de 17,2%. Cette fréquence est supérieure aux 12,5% retrouvés à Lubumbashi (Lubala, 2011). Les effets de l'éthanol sur le fœtus peuvent se classer en 4 catégories : retard de croissance, anomalies neurologiques, dysmorphies faciales et autres malformations (Gillerot, 2005). La prévention du spina bifida se fait par une prise périconceptionnelle régulière de l'acide folique (Gillerot, 2011) chez les femmes à risque de carence en vitamine B9. Ce médicament est disponible à moindre coût dans notre pays.

## **Conclusion**

Les malformations congénitales sont méconnues par la population et sous évaluées à Kara. Elles concernent surtout les pieds bots, l'hydrocéphalie, le spina bifida et les polydactylies. Les facteurs de risque incriminés dans la survenue des malformations congénitales étaient: le niveau socio-économique

bas, la multiparité, et l'alcoolisme au cours de la grossesse. Certaines de ces malformations engagent le pronostic vital et surtout fonctionnel des nouveau-nés

### References:

1. Agence de la santé publique du Canada (2013). Les anomalies congénitales au Canada: rapport de la surveillance sur la santé périnatale. Ottawa, septembre 2013.
2. Alassane, S. (2006). Etude des malformations congénitales dans le service de pédiatrie de l'hôpital Gabriel TOURE à propos de 98 cas. Bamako, Thèse, Médecine, 73P.
3. Assimady, K, Atakouma, DY, Goujard, J, Dormons, S, Du Ong, Q, Hodonou, K, Ategb, S, Schmitt Ehry G. (1977). Enquête épidémiologique sur les malformations congénitales à Lomé. Journée APANF, abstrat, 4-6 , p.35.
4. Benzerouale, O. Les anomalies morphologiques du nouveau-né. Etude rétrospective à propos de 68 cas colligés au niveau du centre hospitalier provincial de kenitra. (2017). Thèse médecine, Rabat N°98, 120p. [En ligne] <https://docplayer.fr/81324317-Les-anomalies-morphologiques-du-nouveau-ne-etude-retrospective-a-propos-de-68-cas-colliges-au-niveau-du-centre-hospitalier-provincial-de-kenitra.html>
5. Coulibaly-Zerbo, F, Amorissani-Folquet, M, Kacou-Kacou, A, Sylla, M. (1997). Etude épidémiologique des malformations congénitales. Médecine d'Afrique Noire, 44 : 409-414.
6. Fiogbe, MA, Goudjo, E, Gbenou, AS, Fiogbe, DA, Tonato-Bagnan, AJ. (2013). Les malformations congénitales cliniquement visibles et facteurs de risque répertoriés chez les nouveau-nés à Cotonou. J Rech Sci Univ Lomé, 15 (1): 67-74.
7. Gillerot, Y, Dan, B. (2005). Le syndrome d'alcoolisme fœtal. Education du patient et enjeux de santé, 23 (3): 70-72.
8. Gillerot, Y. (2011). Prévention du spina bifida et d'autres malformations par l'acide folique. IPG-Centre de Génétique Humaine de Loverval, 41, 1-3.
9. Kamla, JI, Kamgaing N, Nguifo Fongang, EJ3, Fondop, J, Billong, S, Djientcheu, VP. (2017). Epidémiologie des malformations congénitales visible à la naissance à Yaoundé. Health Sci. Dis, 18 (4): 53-62.
10. Konaté-Lankoandé, C T. (2008). *Malformations congénitales externes des nouveau-nés dans les services de Gynécologie et d'Obstétrique du CHU-YO et de Chirurgie du CHU-CDG.A propos de 49 cas.* Thèse de Médecine/Université de Ouagadougou; No 3, 99p.

11. Lubala, TK. (2011). Etude des malformations congénitales cliniquement visibles à la naissance Lubumbashi, p.4, [En ligne].<http://www.memoireonline.com>. [Consulté le 13/01/19].
12. Mouafo, TF, Mohe, N, Diath, AG. (2004). *Malformations ano-rectales dans le service de chirurgie pédiatrique du CHU de Yopougon. Abidjan, Cote d'Ivoire. Mali médical, 35-38.*
13. Nazer, HJ, Cifuentes, OL, Aguila, RA, Ureta, LP, Bello, PMP, Correa, CF, Melibosky, RF. (2005). Edad materna y malformaciones congénitas: un registro de 35 años. 1970-2005 [L'association entre l'âge maternel et les malformations congénitales]. *Révérénd Med Chil.*, 135(11):1463-9.
14. Organisation Mondiale de la Santé: Anomalies congénitales. A63/10. Avril 2010. [En ligne] [http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/WHA63/A63\\_10-fr.pdf](http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA63/A63_10-fr.pdf). [Consulté le 10/01/19].
15. Sabiri, N, Kabiri, M, Razine, R, Kharbach, A, Berrada R, Barkat, A. (2013). Facteurs de risque des malformations congénitales: étude prospective à la maternité Souissi de Rabat au Maroc. *Journal de pédiatrie et de puériculture*, 26 (4) : 198-203.
16. Shawky, RM, Sadik, DI. (2011). Congenital malformations prevalent among Egyptian children and associated risk factors. *The Egyptian Journal of Medical Human Genetics*, 12 (1): 69-78. <https://doi.org/10.1016/j.ejmhg.2011.02.016>
17. Youl, H.(2011). Malformations congénitales reconnaissables à la naissance chez les nouveau-nés dans le département de pédiatrie du CHU SOURO SANOU. Université de Ouagadougou. Thèse de médecine. [En ligne]. <http://www.beep.ird.fr/collect/uouaga/index/assoc/M12613.dir/M12613.pdf> [Consulté le 10/02/19]



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Sustaining Water Systems in Rural and Small Towns in Ghana: The Role of Traditional Authorities in the Krachi West District**

***Raymond Kwasi Boasinke,***

Department of Sociology and Anthropology, University of Cape Coast  
Cape Coast, Ghana

***Imoro Braimah,***

Department of Planning Kwame Nkrumah University of Science and  
Technology

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p10](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p10)

---

Submitted: 22 July 2021  
Accepted: 04 January 2022  
Published: 31 January 2022

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

*Cite As:*

Boasinke R.K., & Braimah I., (2022). *Sustaining Water Systems in Rural and Small Towns in Ghana: The Role of Traditional Authorities in the Krachi West District* European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 10.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p10>

---

### **Abstract**

The sustainability of water systems in rural communities and small towns in Ghana has been a major challenge that has engaged the attention of government, Non-governmental Organisations, and academics. There have been several attempts at developing models that will ensure the sustainability of water systems in Ghana. This study examined the role of traditional authorities in the management of water systems in rural communities and small towns in the Krachi West District in the Oti Region of Ghana. Using a qualitative research design, the study purposely selected and interviewed 69 respondents. The study revealed that traditional authorities play critical roles in ensuring the sustainable management of water systems in rural communities and small towns in Ghana. It also revealed that respondents want a community management model that has traditional authorities as members of an official advisory board to the Water and Sanitation Management Teams (WSMTs). It further revealed that the traditional authorities and the WSMTs have a cordial working relationship. The study, therefore, recommends that traditional authorities should officially be recognised and their roles spelled out in the



community management model of water systems in Ghana.

---

**Keywords:** Traditional Authorities, Water Systems, Sustainability, Rural Communities, Small Towns

## **Introduction**

Before colonialism in Africa, the management of natural resources was mainly under the control of traditional authorities. Traditional authorities in this study refer to chiefs and their council of elders who form the traditional political structure in many communities in Africa.

Natural resources such as water bodies, wetlands, forests, gold, and wildlife were managed and regulated through traditional norms, beliefs, and practices that found expression in the cultural heritage of communities. The reverence given to traditional authorities and the awe that characterised community taboos on the use of such communal resources resulted in complete adherence to “the rules of the game” about the use of these resources (Daneel, 1996). However, colonial structures for the management of natural resources, which were based on the western models, largely weakened the influence and authority of traditional authorities in resource governance (Turner, 2000 cited in Mawere, Mabeza, and Shava, 2014). In particular, the ‘new’ structures for managing natural resources limited traditional authorities’ participation in, authority, and control over natural resources, which have traditionally been under their jurisdiction (Scoones and Matose, 1993).

Today, many decentralised policies on natural resource management are silent on the exact roles of traditional authorities in the management of these natural resources. Mawere, Mabeza, and Shava (2014) observed the lack of clarity on the specific roles of traditional leadership in Zimbabwe in the management of natural resources as exemplified in the Traditional Leaders Act (1998). Ghana’s Water Policy and the Community Water and Sanitation Agency Act did not also provide explicit roles for traditional authorities in the management of water resources. These limitations notwithstanding, members of communities on the continent recognise traditional authorities as custodians of these resources. They continue to wield some form of power over natural resources, albeit informal (Sulemana, 2010).

Broadly, traditional authorities have been recognised as agents of development. Some nation-states such as Ghana, Nigeria, and Zimbabwe have enshrined the roles of chiefs in their national constitutions. Houses and councils of chiefs have been established in some of these countries to facilitate the work of chiefs from the national to regional or provincial levels (Baloyi, 2016). Despite these attempts to involve traditional authorities in modern governance, their power in the management and control over natural resources is largely limited. The real power that they wielded during the pre-colonial era

is lost with the introduction of new governance mechanisms that some critics perceive to be alien to traditional norms and practices (Khunou, 2011). But more importantly, these developments have generated debates about whether or not traditional authorities are crucial in the management of resources.

In Ghana, the inability of the state to explicitly legislate the roles that traditional authorities should play in the management of water and other natural resources sometimes creates a challenge of power struggles between traditional authorities and the bodies that manage such resources. This study contends that the absence of clear legislation on the explicit roles of traditional authorities in the management of such resources is at variance with how community members perceive ownership and control of their resources. Apart from anecdotal evidence that exists on traditional authorities and community management models of water systems in rural communities and small towns, there have been little systematic attempts to establish the exact roles traditional authorities play in ensuring the sustainability of such water systems. This study examined the roles that traditional authorities play in the management of water systems in the Krachi West District with the view to determine the roles of traditional authorities in the management of water systems; to assess the relationship that exists between water management bodies and traditional authorities and the implications thereof; and to determine the acceptability of a model that involves traditional authorities either directly or as members of advisory boards to the Water and Sanitation Management Teams (WSMTs).

### **Traditional Authorities and Water Resource Management**

The role of traditional authorities in the management of natural resources in the post-colonial era has significantly reduced. The reduction is premised on the notion that traditional authorities are based on hereditary and, therefore, are undemocratic (Khunou, 2011). Khunou (2017:30-31 ) argued that traditional leaders such as the one among the Bakofeng in South Africa exhibit tenets of democracy such as the existence of checks and balances through "traditional structures that play oversight roles over their traditional authority." In Baloyi's (2016) study of traditional leadership and local government, respondents indicated that traditional leaders should be consulted in the planning of projects and should also be involved in the monitoring of such projects if rural development was to be enhanced. As far back as 1975, the United Nations Research Institute for Social Development observed that cooperatives that used existing local leadership and kinship structures in their operations usually got positive management results (United Nation Research Institute for Social Development 1975 cited in Kwashie, 2009).

Traditional authorities such as headmen, leaders of lineage as well as spiritual leaders have been identified to be playing important roles in the allocation of natural resources such as land, and the resolution of conflict

among others (Serra, 2001; Bloom, 2000; Virtanen, 2000 cited in Mowo et al., 2013). In countries such as Mali, Burkina Faso, and Niger, similar structures exist in the management of natural resources. Informal structures that are largely based on traditional authority or leadership determine who has access to natural resources and also provide appropriate sanctions to those who do not comply with rules governing the management of natural resources (Mowo et al., 2013). Compliance with the management arrangements, which involve traditional authorities is generally high since their authority is recognised as legitimate by the people (Derbile, 2012; Mowo et al., 2013). Mowo et al. (2013) also found in their study of the highlands of Ethiopia and Tanzania that traditional leaders and councils of elders generally resolved conflicts over management and use of natural resources.

The local traditional authority, that is the chief and his council of elders, was found to be the most powerful and had the dominant influence on access and control over forest resources in the management of Ongoye forest in the KwaZulu-Natal province of South Africa (Phadima and Lawes, 2015). The community members revere and fear the chief (Inkosi) and would not want to breach the rules and regulations governing the use of forest resources so that they would be brought before the chief for disciplinary actions. Phadima and Lawes (2015) concluded that the existing management structure, which involved the chief and his council of elders as well as the local wildlife authority, was largely sustainable.

In Ghana, the traditional political structure is decentralised with a hierarchical order in terms of authority and responsibilities. At the top of the hierarchy is the paramount chief who heads all the paramountcy. Divisional Chiefs are at the next level of authority. Under the divisional chiefs are sectional chiefs or heads and household heads. Chiefs at the lower levels pay allegiance to those that are immediately above them. The chiefs have a council of elders who assist them to administer the areas under their jurisdictions. In some parts of Northern Ghana, the chief and the earth priest or Tindana coexist to ensure that the traditional duties are performed. The chief primarily plays the political functions and the earth priest who is referred to as the Tindaana or Tigatuu among the Grune and Kassem respectively plays spiritual roles such as offering sacrifices to the earth or river gods before the planting season begins (Derbile, 2012).

Derbile (2012) found that traditional authorities play critical roles in the management of irrigation facilities in some communities in two districts namely Gumbrungu in the Bongo District and Nangalkinia in the Kassena-Nankana East District both in the Upper East Region. These roles include giving legitimacy and authority to Water Users Associations (WUAs) in the performance of their functions; intervening to resolve protracted conflicts associated with the irrigation projects; and under certain circumstances getting

involved in the allocation of land and water resources management to ensure fairness (Derbile, 2012). Similarly, in a study of Binaaba in the Bawku District of the Upper East Region of Ghana, Sulemana (2010) observed that traditional authorities in the area were tasked with the responsibility to inform the Ghana Irrigation Development Authorities (GIDA) about major faults on the dam such as the repair of the walls of the dam. They were also responsible for the resolution of conflicts and the determination of punishments or fines for those who breach the rules and regulations on the management of dams and other water sources in their communities. Offenders are usually fined to pay cash or livestock such as goats for polluting the dam. Traditional authorities which comprised the village heads, the chiefs, or headmen together with the members of the community designate areas for washing, watering of livestock, and drawing drinking water (Sulemana, 2010). Sulemana (2010) posited that the communities have been using traditional authorities together with Water Users Association (WUA) in water resources management. Therefore, any attempt to introduce the new Integrated Water Resource Management will render the traditional practices redundant. She further called for the modernisation of this traditional water management to ensure the sustainability of water resources.

On the community water management model, Kwashie (2009) found that traditional leadership, in this case, the clan and family heads who had an enormous influence on their kinsmen were able to ensure compliance with water regulations governing water use in the North Tongu District. He further observed that the Water and Sanitation Management Teams (WSMTs) received such support from traditional authorities because they gave due recognition and respect to such authorities.

At the District level, the District Water and Sanitation Teams play oversight and supervisory roles over community water management teams in the communities. The District Assemblies are expected to provide ongoing institutional support to the community water management teams to enhance their capacity for efficient service delivery at the community level. The WSMTs in the communities are responsible for the day-to-day management of water systems. In essence, the success of the community management model hinges on how well the WSMTs can analyse the changing environments in their operations. This will help them to be able to set the right tariffs, engage in regular maintenance, account to members of the community, adopt effective record-keeping, and generally adopt a sustainability narrative that would carry beneficiaries along to commit to the sustainable operation of their water systems.

The private sector predominantly plays roles in the engineering and technical aspect of the model by mostly drilling water systems and ensuring the proper siting of water facilities to ensure that such systems do not become non-functional after a few years of operation. Some NGOs in the subsector

such as World Vision have enhanced the management framework by introducing the Pump Maintenance Volunteers (PMVs) within the community management model to ensure effective and prompt maintenance of water facilities (Braumah et al, 2016 ). What is clear in the institutional framework is the silence on the exact roles that traditional authorities are supposed to play in the community water management model.

### **Underpinnings of the Community Management Model**

The community management model is underpinned by the principle of subsidiarity implied in the decentralised water governance. The decentralised governance posits that the varied needs of sub-national units are best catered for when decision-making about such needs is left in the hands of decentralised structures. Central governments are unable to diagnose such needs and are unable to respond appropriately to the needs of the local units. The theory argues that central governments are more likely to implement policies and programmes that are blanket. This disposition of central governments makes it difficult for policies and programmes to meet the diverse needs of sub-national units. The differential impacts of such policies on sub-national units present the most compelling reason for decentralisation.

Proponents of the principle of subsidiarity argue that the provision of public goods like water is likely to meet the developmental needs of local units in a decentralised system. This is so because local levels of governance are more likely to develop policies that reflect and respond to local, regional diversities, encourage greater participation, and empower local actors of the population to take charge of their own needs (Koethenbueger, 2007; Oates, 1993). Oates (1999), for example, argued that the fact that decentralised government structures are situated within the catchment areas where they are supposed to perform their roles provides an added impetus to such decentralised bodies to design and implement projects and regulations that address the specific felt-needs of the people.

This principle and its basic tenets are in sync with the decentralised rural communities and small-town water management being practiced in Ghana and other developing countries. This is because the basic institutional framework within which the decentralised water system operates recognises local specificities and provides for flexibilities to enable rural communities and small towns in the country to operate and manage their water facilities to ensure maximum efficiency and sustainability. The other advantage of this decentralised system is that it eventually empowers community members to develop a sense of self-worth and become empowered. It also allows communities to harness all the local expertise including those of traditional authorities to ensure efficient management of community programmes and projects.

This principle and its associated management models have been criticised by academics and experts alike. The basis of the criticisms emanates from the numerous assumptions upon which they are anchored. However, these assumptions, in most cases, do not seem to hold (Scott, 2009). Scott (2009) argues that decentralisation, contrary to some perceptions, is not the remedy to all the challenges in developing countries. It has in most cases been unable to improve service delivery, enhance social cohesion and promote economic development in developing countries. In Asia, Africa, and Latin America, decentralisation did not have a significant impact on the quality and efficiency of public service. In some cases, the quality of such services has either experienced a decline or remained unchanged (Robinson, 2007 cited in Scott, 2009). This study argues that although these challenges may be experienced, they do largely stem from poor implementation. The tenets of this principle are still relevant for the management of common-pool resources.

### **Material and Methodology**

The study was undertaken in the Krachi West District of the Oti Region in Ghana. The District was established by Legislative Instrument 2078 2012. It lies between latitude  $0^{\circ} 10'0''$  W and  $0^{\circ}10'0''$  and longitude  $7^{\circ} 40'0''$  N and  $8^{\circ} 0'0''$  N. It is bounded to the East by the Krachi East District, to the North by the Krachi Nchumuru and the West by the Sene West District. The District's total land area is 4,169 square kilometers. About 37 percent of the entire surface area of the district is covered by water, mainly the Volta Lake and the Oti River. The district is largely rural as 81.8 percent of the population of the district lives in rural areas (Ministry of Finance and Economic Planning, 2016).

About sanitation, the district has pit latrines and public toilet facilities, but with no facilities for the disposal of liquid waste, so residents resort to throwing waste indiscriminately (GSS 2014). The dominant mode of water source is boreholes fitted with hand pumps. Figure 1 below shows a map of the Krachi West District showing some settlements.



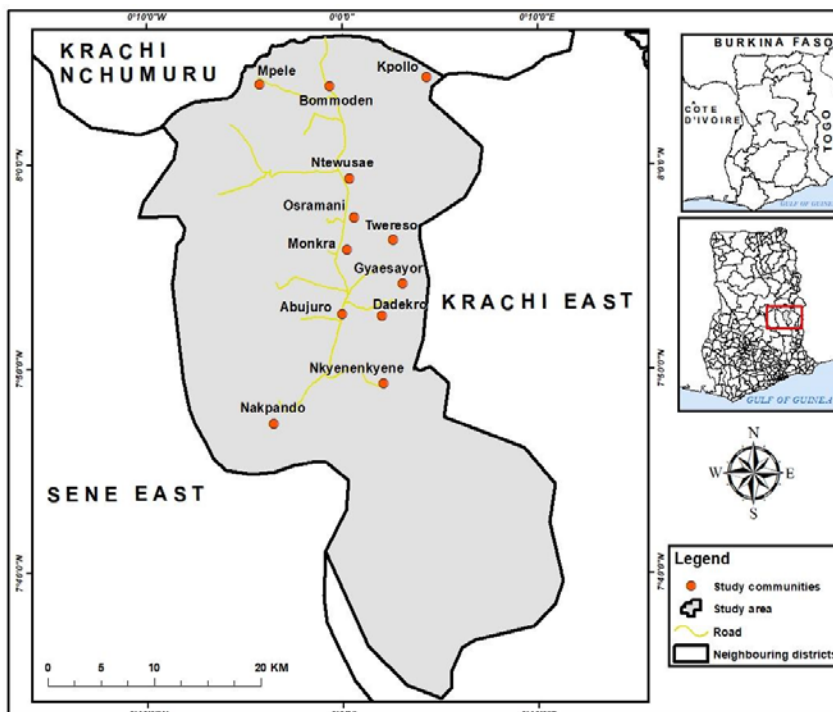


Figure 1: A map of the Krachi West District showing some settlements  
Source: Cartographic Unit, Department of Geography and Regional Planning, UCC (2018)

### Study Design and Sampling Technique

A total of 69 respondents were purposively selected comprising 2 members of the District Water and Sanitation Team (DWST), 19 members of traditional authorities, and 48 members of the WSMTs. The 48 members of WSMTs were selected from twenty communities in the study area. They were primarily made up of chairpersons, secretaries, and treasurers of WSMTs in the communities. One member of each traditional authority, mainly the chief, was selected and interviewed. Nineteen instead of 20 members of traditional authorities were selected because two of the communities that were randomly selected for this study had one chief. Two members of the DWST were selected because they were the most active members of the team.

Interview guides were used to elicit information from respondents. To ensure that the information was reliably captured, the responses were simultaneously written down and tape-recorded with prior permission. On average, the interviews lasted for about 40 minutes each. The recorded interviews were transcribed. Themes were identified and based on the themes, the results and discussions were done. Compelling voices that succinctly captured particular themes were quoted verbatim.

## Findings and Discussion

### Sustainability of Water Systems: The place of traditional authorities

The interviews revealed that traditional authorities play key roles including the following: ensuring that the WSMTs were transparent and accountable to the communities; providing financial support in critical times; taking over the entire management of water facilities in the absence of a WSMT in their communities; helping with the resolution of conflicts and enforcing by-laws on water systems. In the Tatakope community, for instance, the water system was being managed by the headman and his elders who constituted the traditional authority in the community. According to them, the members of the previous committee have either migrated or died and since then, they had assumed the management of the water system. They had managed the water system for nearly two years in the absence of a WSMT. This was an exceptional case that came to the researcher as a serendipitous finding since the normal practice was for the DWST to assist the community in getting a WSMT.

In some communities such as Abujuro, it was revealed that traditional authorities sometimes gave financial support to the WSMT when money was not readily available for the maintenance of the water systems. According to a member of the Ntewusae WSMT, the traditional authorities provide them with a fraction of the money they generate from the sale of lands and from leasing out a piece of land to a telecommunications company to erect a mast. This, according to him, has provided the WSMT with sufficient revenue to maintain their water systems. Due to this support, the WSMT can procure spare parts for the water systems in advance, which enables them to promptly fix their water systems when they break down. This kind of support reflects the level of mutual trust and cooperation that exists between the WSMT and the traditional authorities in those communities. The traditional authorities were willing to support their water management systems if they had more financial resources. A member of traditional authorities from the Abujuro community expressed the following thoughts:

*I think the traditional authorities could have done better if we had enough money. We could have mobilized ourselves to have our hand pumps fixed or appealed to the relevant stakeholders in the water sector to give us additional hand pumps.*

Notwithstanding the roles that the traditional authorities are playing in the management of the communities' water systems, they felt that they could have done better if they had the means to do so. In other words, they were willing to enhance their support for the communities to ensure that they had a constant and uninterrupted water supply. The diverse roles played by the traditional authorities in the community management of water systems reflect the fact that historically the management of water and other natural resources were



spearheaded by the members of the traditional authorities, especially chiefs. The study revealed that traditional authorities were concerned with the sustainability of their water systems and were determined to ensure that their water systems served the communities well. The roles that were identified as being played by traditional authorities lie at the heart of the sustainability of water systems. The findings are in line with the position of Kwashie (2009) that traditional leadership was able to ensure compliance with water regulations governing water use in the North Tongu District. These findings also confirm the views of Derbile (2012) and Suleimana (2010) that traditional authorities generally help to ensure compliance with rules by imposing fines on offenders and resolving conflicts that arise from the use of community irrigation systems. The discussions thus far show that it will be practically impossible to ensure sustainable management of water systems without the involvement of traditional authorities. They are pivotal to the operation and maintenance of the community water system that it will be inconceivable to implement such a model without them. This probably explains why Suleimana (2010) cautioned against attempts to exclude them from community-based management models.

### **The Relationship between Traditional Authorities and WSMTs**

The study also sought to establish the relationship that exists between the traditional authorities and the WSMTs in the communities. The analysis of the views of traditional authorities indicated that all of them had cordial relationships with the WSMTs in their communities. Even in the few communities where they were not satisfied with the work of the WSMTs, they still indicated that they had a very cordial relationship with them. They indicated that they work in close collaboration with the WSMTs in the communities. They often discussed issues concerning the management of the water systems together with the WSMTs to find solutions to problems. They also empower the committees to enforce the by-laws and to deal with anyone who refuses to pay the water user fees prescribed by the community. One of the most repetitive expressions in their narratives is “they are our children”. This indicates a strong cordial relationship between them and the WSMTs.

The WSMTs, on the other hand, confirmed this relationship. They all recognised traditional authorities as to the superior authorities as far as their work was concerned. They also saw the traditional authorities as the custodians of the water systems and saw themselves as people who had volunteered to work for them. Consequently, they did not take any major decisions without first seeking the consent of the traditional authorities. Normally, one would expect that the communities see the District Assembly as the custodian of the water system. However, this was not the case. They rather saw traditional authorities as those who hold the water systems in trust

for the communities. This shows how highly members of the WSMTs regard their traditional authorities in the study area. All the members of the WSMTs interviewed were of the view that they had a cordial relationship with the traditional authorities. Members of the WSMTs explained, among other things, that they were united with the traditional authorities in their work as managers of the water systems. They saw the traditional authorities as their appointing authority in the management of the water systems of their communities and therefore, had cordial working relationships with them. Factors such as these together with the fact that traditional authorities gave them the needed attention and cooperation were what led all of the water managers to conclude that they had a very cordial relationship with them.

Members of WSMTs were of the view that such a working relationship with traditional authorities greatly helped to enhance their work as managers of the water systems in their communities. The WSMTs received wise counsel or advice from the traditional authorities in times of difficulties. Also with their help, the WSMTs were able to exact compliance from recalcitrant community members who refuse to pay for water user fees or fail to comply with the by-laws governing the usage of water in the community. The traditional authorities sometimes lend money to some of the WSMTs when money is not readily available for the maintenance of their water systems. About how such a cordial relationship helps them, a member of the WSMT in the Twereso community made this statement:

*We work in close collaboration with them; when there is a challenge and they can assist, they do so. We also help the community when the need arises. For example, there was a time when a rainstorm destroyed the roof of our community school building so the Member of Parliament of the area supported us with roofing sheets for the building to be reroofed. While the work was going on, the WSMT decided to support the community by providing food for the artisans. They advise and encourage us to be decorous and tolerant when we are dealing with members of the community.*

Given the importance of the roles played by traditional authorities, it was therefore not surprising that all the WSMTs had a cordial relationship with their traditional authorities. This cordial relationship produced mutual trust between traditional authorities and WSMTs which has helped to enhance the sustainability of water systems. From the analysis, it is quite obvious that the cordial relationship between stakeholders in the management of communal resources is of considerable importance. The mutual trust and respect it brings enhances productivity and ensures that quick decisions are taken to resolve challenges. Such a working relationship between traditional authorities and the water management bodies was what gave traditional authorities the impetus to even provide additional funding to ensure the sustainable operation

and maintenance of water systems, as was observed in Ntewusae. Overall, the study showed that a cordial working relationship was helpful for the activities of the WSMTs. These findings buttress the need to recognise traditional authorities as an integral part of the development agenda. This kind of relationship that exists at the decentralised level between these two key actors is the management of water systems would have been difficult in a centralised system where WSMTs are appointed from “outside”. This finding is in line with Kwashie’s (2009) study in the Volta Region where he established that WSMTs that gave traditional authorities due to recognition in their operation were able to achieve better outcomes in the management of water systems.

### **Traditional Authorities as Official Members of WSMTs**

The study sought to find out whether traditional authorities themselves would want to officially be made a part of the WSMTs in their communities given the roles they play in the management of the water systems. The analysis of the responses of the traditional authorities showed that the majority of them were opposed to the idea of making traditional authorities an official part of WSMTs in their communities. The commonest themes that ran through their reason for taking such a position were that the WSMTs were doing a good job with the management of the water systems and so there was no need for that. The other explanation was that they were satisfied with the current arrangement and their roles as de facto advisors and supervisors. The few who indicated their willingness to be part of the committee indicated that their inclusion in the committees will help to enhance the work of the committee. The main theme that ran through their explanations was that traditional authorities were revered by members of the community and therefore if such elders were made part of the WSMTs it will help to ensure compliance with rules and by-laws governing water systems in the communities. In line with this, a few communities have representatives of traditional authorities who serve on the WSMTs. Communities such as Adankpa and Kwakuae have already selected representatives from traditional authorities to serve on WSMTs. In Kwakuae, the secretary to traditional authorities is also a member of the WSMT in the community. It was only four out of the 19 members of traditional authorities that supported the inclusion of traditional authorities as an official part of water management bodies in their communities. Three of these communities have already appointed their representatives to be part of committees and boards that are managing water systems. Analysis of the views of WSMTs on whether or not traditional authorities should be made an official part of the WSMTs showed that the majority did not support the view that traditional authorities be made an official part of the WSMTs. Their reasons are summed up into these three themes. First, traditional authorities were old and the WSMTs also receive a lot of insults from the members of the

communities. Second, traditional authorities have a very busy schedule and might not be active members of the WSMTs; and third, traditional authorities could be dictatorial in their decision-making when they are made an official part of the WSMTs. The third explanation is in line with the argument of Khonou (2011) that those who oppose traditional authorities often do so because such authorities are based on hereditary and therefore are undemocratic. It could be inferred that the first two reasons seek to protect the sanctity of the chieftaincy institution as well as the health of the members of traditional authorities.

A WSMT member in the Osramani community made the following observation about these reasons:

*I personally would not have any difficulty with traditional authorities being made an official part of the WSMT at all. However, the reason why we would not want them to be officially part of the team is that there are a lot of insults and abuses in our line of work and this is below the dignity of traditional authorities. How can a young man insult a whole Odikro? For me, I am young and I can tolerate that, but I would not want them to experience that. Besides, when we are abused or insulted, they defend us a lot.*

The third reason relates to the fear that traditional authorities could take over the entire work of the water management bodies because they hold enormous influence and authority. In other words, there was the fear that members of traditional authorities could be dictatorial in their dealings with the WSMTs, and their presence could intimidate the young ones and prevent them from expressing themselves freely. Despite the enormous roles that the District Water and Sanitation Team members indicated that the traditional authorities play in ensuring the success of the community management of water systems, they did not support the inclusion of traditional authorities as official members of WSMTs. They proposed that their activities should be limited to the performance of advisory duties in the communities. One of the members who was a representative from the Environmental Health Office expressed his views as follows:

*It is not advisable to make the traditional authorities a part of those who manage the day-to-day affairs of the water systems in the communities. This is so because when they are involved and there are issues where will you take the case to? For example, when there is embezzlement of funds and the chief is involved, it will be difficult to deal with such an issue. Moreover, the chief could make the work of the technical officers difficult when they offer professional advice; they could lord it over them. Therefore, their roles should be limited to serving as supervisors or advisors to the WSMTs.*

### **Traditional Authorities as Members of an Advisory Board for WSMTs**

The study sought to test the possibility of a model which would include traditional authorities as part of an advisory board to the WSMTs in the study area. Among traditional authorities, the responses showed that all but one member of the traditional authorities interviewed were in support of the suggestion that the advisory board could include the traditional authorities and other opinion leaders in the community. One of the study communities, Osramani, has a similar board, which meets to make decisions on challenges that affect the community and advise the water board in the community. A member of the traditional authorities in the Kwakuae community was of the view that such a board will be consistent with the already existing roles that they were playing:

*I think we are already doing the work of such an advisory board. This is so because when difficult situations arise in the management of the water systems, we are the ones that the committee consults for advice.*

However, some of the members of traditional authorities want such a board to be expanded to include some other opinion leaders in the communities. A member of the traditional authorities in the Abujuro community explained it this way:

*There is the need for such an advisory board. We could choose a five-member advisory board from the lineages in the community with the chief and the queen mother being part of it. Those who would serve on the board should be opinion leaders from the lineages together with traditional authorities.*

The only member of traditional authorities who was opposed to such a board came to that conclusion because he thought that the WSMTs were not doing anything wrong that would necessitate the formation of such an advisory board.

From the analysis, respondents were not in favour of a model that would include traditional authorities in the day-to-day management of water systems in the communities due to the reasons highlighted above. None of the reasons provided gave an inkling of incompetence on the part of traditional authorities; they had to do with socio-cultural dynamics within the communities. However, they overwhelmingly support any model that would include them as members of an advisory board to the WSMTs. As it was observed by some of the members of traditional authorities, the creation of such an advisory board would be consistent with the roles that they were already playing about water systems. It was also observed that the members of the WSMTs in the study area tended to support the creation of an advisory board made up of traditional authorities. This would be a board that would provide the needed advice to the WSMTs in the communities about the best way to sustainably manage water systems in the communities. Some also

thought that when such an advisory board is added to the formal structure of the Community Management Model, it will help to formalise the roles of traditional authorities who have always served as advisors to the water management bodies in the communities. The DWST as indicated above preferred an advisory board to make traditional authorities an official part of the day-to-day running of the water systems in the communities. This finding will help to formally alter the structure of the current community management model in the communities to include traditional authorities and other opinion leaders as the formal advisory board to the WSMTs. The establishment of such a board will also bring about role clarity and resolve any potential power struggle between traditional authorities and WSMTs.

## **5. Conclusions and Recommendations**

The ability of communities to sustainably manage their water system is one of the critical issues that underlie the achievement of the Sustainable Development Goals on water by 2030. This study examined the roles that traditional authorities play to ensure a sustainable community management model of rural communities and small towns in the Krachi West District in Ghana.

The study has established that traditional authorities play very significant roles in ensuring the sustainable management of water systems in the Krachi West District. Their roles range from ensuring compliance with by-laws, lending money to communities for maintenance, and providing good counsel to WSMTs among others. These roles have helped to ensure the sustainability of water systems in the district. It can be concluded that in the country's quest to ensure sustainable models in the management of water systems, the roles of traditional authorities should be harnessed. The reverence that traditional authorities enjoy within communities in Ghana makes it possible for them to ensure that by-laws and other regulations governing water use are enforced.

It is therefore recommended that the current community water management model be modified to include an advisory board composed of traditional authorities. The study espouses that such an official inclusion will ensure role clarity and help to preserve the cordial relationship that exists between traditional authorities and WSMTs.

## **References:**

1. Baloyi, T.B. (2016). The role of traditional leadership in local government. A research report submitted to the Faculty of Commerce, Law and Management, University of Witwatersrand.



2. Daneel, M.L. (1996). Environmental reform: A new venture of Zimbabwe's traditional custodians of land. *Journal of Legal Pluralism and Unofficial Law* 28(37-38), 347- 376.
3. Derbile, E.K. (2012). Water user association and indigenous institutions in the management of community based irrigation schemes in northeastern Ghana. *European Scientific Journal*, 8(26),118-135.
4. Ghana Statistical Service (2014). Ghana Living Standard Survey Round 6: Poverty profile in Ghana (2005-2013). Accra: Ghana.
5. Koethenburger, M. (2007). Revisiting the decentralisation theorem- On the role of externalities. *Cesifo Working Paper*, 2128, 1-10.
6. Khunou, S.F. (2017). The customary anatomy of the traditional governance of the Bafokeng traditional community: The implications of the constitutional recognition of hereditary headmanship.*PER/PELJ*2017(20)doi:http://dx.doi.org/10.17159/1727-3781/2017/v20i0a3270.
7. Khunou, S.F. (2011). Traditional leadership and governance: legislative environment and policy development in a democratic South Africa. *International Journal of Humanities and Social Science* 1(9), 278-290.
8. Kwashie, H.B.K. (2009). The management and sustainability of water supply facilities in rural communities: Lessons from the Volta Region. *Ghana Social Science Journal*, 5&6 (1&2), 188-216.
9. Mawere, M., Mabeza, C.M.&Shava, T. (2014). Traditional authority in community-based natural resource management (CBNRM): A critical investigation of the role of traditional authority in fisheries management in GacheGache communal lands of Kariba, Zimbabwe. *Fisheries and Aquaculture Journal* 5(2), 1-7 doi:10.4172/2150-3508.1000093.
10. Ministry of Finance and Economic Planning (2016). The composite budget of the Krachi West District Assembly for the 2016 fiscal year. Accra: Ministry of Finance and Economic Planning.
11. Mowo, J.G., Adimassu, Z., Catacutan, D., Tanui, J., Masuki, K. &Lyamchai, K. (2013). The importance of local traditional institutions in the management of natural resources in the highlands of East Africa. *Human Organisation*, 72(2):154-163.doi: 10.17730/humo.72.2.e1x3101741127x35.
12. Oates, D.E. (1993). Fiscal decentralisation and economic development. *National Tax Journal*, 46:237-243.
13. Oates, W.E. (1999). An essay on fiscal federalism. *Journal of Economic Literature*, 37, 1120- 1149.

14. Phadima, J. & Lawes, M.J. (2015). The role of traditional authority in the use and management of forest resources at the Ongoye forest. Message posted at <http://www.researchgate.net/publication/266229224>).
15. Scoones, I. & Matose, F. (1993). *Local woodland management: constraints and opportunities for sustainable resource use*. World Bank Technical Paper- INOR PUBLICATIES.
16. Sulemana, T. A. (2010). The role of traditional authorities in water resource management in Binaaba, Bawku West District. A thesis submitted to the Department of Planning Management, Faculty of Planning and Land Management, University for Development Studies.





ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Composition, Structure And Diversity of The Vegetation of The Manda National Park (MNP) in The Moyen-Chari Province of Chad**

*Esaie Waya,*

Department of Environmental Sciences, University of Sarh, Chad

*Ibrahima Adamou,*

Department of Biological Sciences, University of Ngaoundéré, Cameroon

*Tchoua Paul,*

Department of Mathematics, University of Ngaoundéré, Cameroon

*Maïgari Pale,*

Department of Biological Sciences, University of Ngaoundéré, Cameroon

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p27](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p27)

---

Submitted: 19 November 2021

Accepted: 26 December 2021

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Waya E., Adamou I., Paul T., & Pale M., (2022). *Composition, structure and diversity of the vegetation of the Manda National Park (MNP) in the Moyen-Chari Province of Chad* European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 27.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p27>

---

### **Abstract**

The present work was initiated in order to evaluate the composition, structure and diversity of the flora of the Manda National Park (MNP) to contribute to its sustainable management. The survey area is a square plot of 1m x 1m and a semi plot of 10m x 10m respectively for grassy savannah and shrub savannah and a rectangular plot of 50m x 20m for woodland and tree savannah. The diameter at breast height and total height of all woody individuals were measured. The floristic inventory resulted in a total of 12885 individuals belonging to 102 species, 81 genera and 34 families. The tree savannah (78 species, 59 genera and 26 families) and woodland (65 species, 54 genera and 24 families) are richer in taxonomic groups than the shrub savannah (38 species, 32 genera and 16 families) and the grassy savannah (19 species, 18 genera and 8 families) The average density of the park and its Shannon index are respectively 1956 ind/ha and 2.82 bits. For these plant formations, their density and Shannon index are highest in the tree savannah

(3507 ind/ha and 3.11 bits) and lowest in the shrub savannah (1133 ind/ha and 2.03 bits). The Pielou index for each of the plant formations is low (0.19 to 0.25), indicating a poor equi- distribution of individuals between the different species for the plant formations. In the woodland, the diametrical and vertical distributions are bell-shaped and skewed to the right, centered on young individuals. In contrast, in the Tree and Shrub Savannahs the distributions are in the shape of an inverted "J", characteristic of a formation dominated by juvenile individuals. These results lead to the conclusion that the Manda Park has a good species diversity and is under anthropic pressure due to the destruction of its vegetation cover.

---

**Keywords:** Composition, Structure, Diversity, Vegetation, MNP, Moyen-Chari, Chad

## Introduction

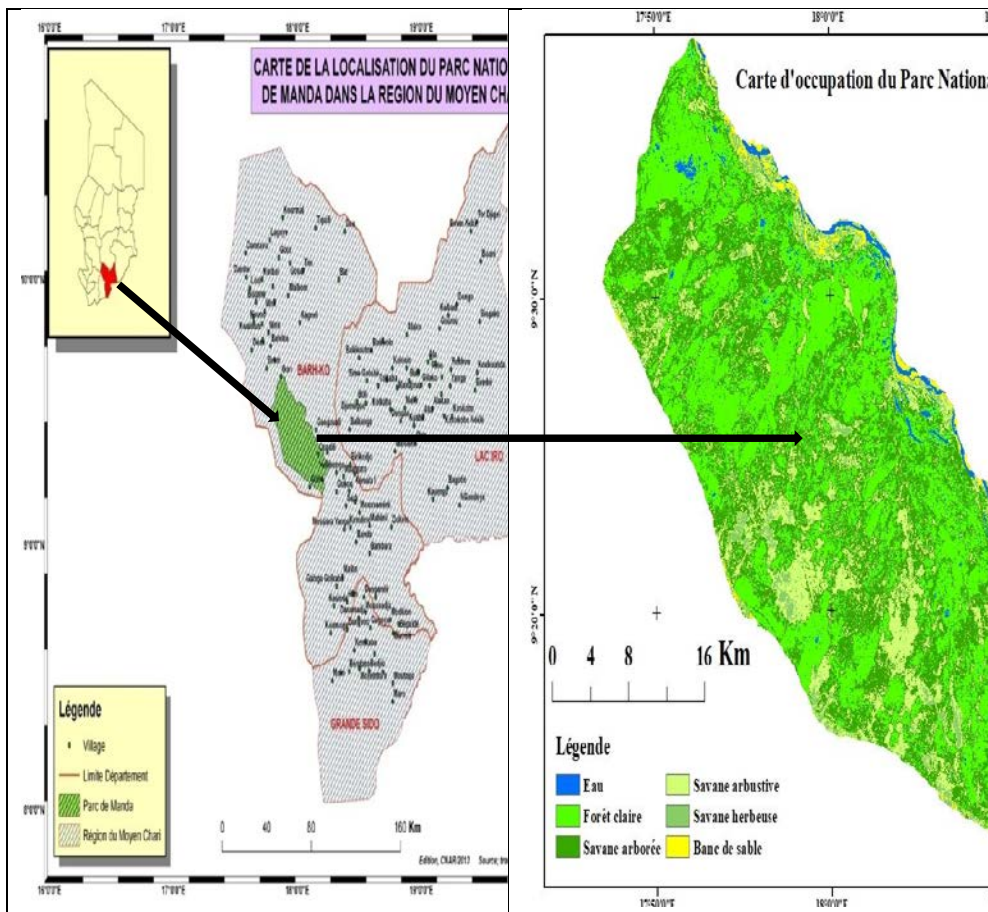
Tropical forests are the richest in biological diversity, but they are the most threatened by anthropogenic activities due largely to population growth (Ajavon *et al.*, 2019). The characterization of the forest structure of tropical forests is a major issue for the management of natural forests, is also one of the most important sources of basic data especially for research on biological diversity, development of forest management systems, management and nature conservation (Masharabu, 2010; Ndotam *et al.*, 2017). Knowledge of forest attributes appears necessary to better understand the level of threat and propose sustainable management strategies (Aboubacar *et al.*, 2018). At a large scale, forest attributes vary with climate and geomorphology (Paget, 1999; Steege *et al.*, 2006; Grégoire *et al.*, 2010). Thus, sustainable forest management and biodiversity conservation require monitoring of the condition of forest formations through effective methods of structural vegetation analysis (Guynn *et al.* 2004; Leblanc 2014; Sandjong, 2018). Biodiversity conservation is a cornerstone of sustainable forest management and a key factor in maintaining forest ecosystem functioning (FAO, 2011). Chad is considered one of the most biologically diverse countries in the Sahelo-Saharan regions (Doumenge *et al.*, 2015) and hosts a rich and highly diverse flora (Anonymous, 2014). However, this threatened national biodiversity is poorly documented and not well known (Doumenge *et al.*, 2015). According to various sources of available information, it is estimated that there are about 4318 wild and domesticated higher plant species, including 71 endemic species including *Ficus carica*, *Ficus salicifolia*, *Rauwolfia sp*, *Adina microcephala*, *Clematis tibestica*, *Celsia tibestica*, *Artemisia tilhona* (endemic to Tibesti), etc. and 11 threatened species including *Anogeissus leiocarpus*, *Pteropcarpus enrinaceus*, *Vitex doniana*, *Detarium microcarpum*, *Prosopis africana*, etc (Anonymous, 2014). Thiombiano *et al* (2016) rightly

remind us that forest inventories are unavoidable in sustainable wood resource management policies. One cannot then claim to do nature reserve management without knowing the structure, dynamics and functioning of phytocenoses (Ndotam *et al.*, 2017). The conservation of biological diversity contributes decisively to limiting the magnitude of climate change and reducing its harmful effects by making ecosystems and consequently human societies more resilient (Anonymous, 2014). Classically forest structure parameters are obtained by aggregating individual dendrometric measurements such as diameter, height, etc. (Hall *et al.*, 1998; Gregoire *et al.*, 2010). Increasing forest potential and conserving biodiversity has become a key concern of sustainable development in recent years. This awareness has grown out of bitter observations about the rate of decline of forest resources at the local, continental and global levels (Mertens *et al.*, 2019). However, biodiversity is still very rich, and many flagship species are present in the parks. However, the level of classification and protection of the various protected areas is not always sufficient to ensure their long-term protection (IUCN/PACO, 2008). This is the case of the Manda National Park, which suffers from pastoral pressure, poaching, illegal fishing due to demographic pressure, etc. Given the seriousness of the ecological situation in the Manda National Park, the need for an action plan for the conservation and preservation of biodiversity is imperative in order to curb the degradation of biological resources. It is in this respect that the interest of our work lies, which aims to analyze the current state of the MNP in order to provide attributes of management and improvement adapted to current conditions. More specifically, it will be a question of determining the composition, structure and floristic diversity of this park.

## **1- Material and methods**

### **2- 2-1 Study site**

The study sites are located in the Manda National Park (MNP), which is 25 km northwest of Sarh, capital of the Barh-Kôh Department, Moyen-Chari Province (Figure 1). It is located between 9°20' and 9°35' North latitude and 17°45' and 18°20' East longitude and at an altitude ranging from 344 to 691 m. The area is characterized by a tropical climate, with an average annual rainfall of 1061.41 mm, an average annual temperature of 24.5°C, and a relative humidity depending on the month of 32 to 85% (ASECNA, 2018). The MNP was created in 1951 as a regional wildlife reserve, as was the Derby Elk (*Taurotragus derbianus*) which characterises it. In 1965, the 108,000 ha wildlife reserve became a National Park by Decree No. 243/PR/EFPC/PNR of 23 October 1967, which increased its area to 114,000 ha. According to the latest IUCN classification, the PNM belongs to category II (PAPNM, 2010).



**Figure 1:** Location of the MNP in the Moyen-Chari region of Chad. (Source: Esaïa Waya, 2019)

The soils are varied and the main types are: Erosion soils on acidic rocks that are dominant on Mount Niellim; sesquioxides with ferruginous stains and concretions and cuirasses that occur on lateritic slabs in the Niellim zone; vertisols in certain flood zones between Koutou and Niellim; Ferralitic soils that are widely exposed in the Koutou and Djoli zones; tropical ferruginous soils in the center of the park, from Nguéré to Koutou; and hydromorphic soils characteristic of soils in the south of the park (Pias, 1964). The MNP is served by a hydrographic network, in its eastern part by the Chari River and in the south by the Barh Sara. Two of the three main tributaries of the Chari have their confluences in the MNP: the Bahr Sara and the Bahr Salamat. In addition, 13 temporary and 23 permanent pools have been identified in the park (Tchago, 1999). The vegetation formations are gallery forests, shrub and tree savannahs. On the whole, the vegetation is of the Sudanian type, the density and distribution of which are a function of the topography and the nature of the soil. Outside the plain, clear forest and wooded savannah with dominant

legumes alternate with patches of dry forest or riparian forest (Pias, 1970). The diversity of wildlife is underestimated. Only vertebrates are moderately studied, with about ten wild families reported by IUCN/PACO (2008). The riparian populations of the MNP are estimated at 85592 inhabitants (Saradoum, 2012) and they are largely farmers, but there are increasing numbers of fishermen and pastoralists. They belong to the large Sara ethnic group, the majority in the southern part of Chad.

## **2-2 Floristic inventory**

Data collection was carried out in the dry season because of the ease of access to the site, for five (05) months, from November 12, 2019 to March 14, 2020. The inventory is therefore quasi-synchronous, because the duration of the study is not likely to cause deep variations in the vegetation, except the occurrence of an unpredictable disturbing event.

The method chosen for the floristic inventories was that of variable area sampling. The size of the surveys was determined by taking into account the work done in tropical environments by several authors (Sinsin, 1993; Oumorou, 2003; Djego, 2006; Toko, 2008; Arouna, 2012) who used areas varying between 1 and 1000 m<sup>2</sup> depending on the vegetation types. In the case of our study, the survey area is a square plot of 1 m<sup>2</sup> (1m x 1m) and a square sub-plot of 100 m<sup>2</sup> (10m x 10m) respectively for grassy savanna and shrub savanna and a rectangular plot of 1000 m<sup>2</sup> (50m x 20m) for tree savanna and woodland. The number of replicates varies according to the surface area of the vegetation types and their floristic homogeneity and the topography of the stations. In total, 148 plots were inventoried, divided into 20 plots for the grassy savannah, 28 sub-plots for the shrubby savannah, and 46 and 54 plots for the tree savannah and woodland respectively.

All woody species were identified and their local and scientific names were recorded. For those not identified in the field, specimens were collected and compared to existing floras (Flore illustrée du Tchad, 2019; Adventrop, 1995; Arbonnier, 2009; ligneux du sahel, 2008).

During the inventory, the diameter at breast height (DBH= 1.30 m) of all individuals was measured with a tape measure and their height was determined using the 7 m long graduated pole or Blum-Leiss.

## **2-3 Analysis and statistical processing of data**

### **2-3-1 Species richness (R)**

This is the number of plant species recorded per plot. This indicator is not sufficient to measure specific diversity because it does not allow differentiating between groups that have the same number of species but different numbers.

### 2-3-2 Shannon diversity index (H')

The diversity index expresses the diversity of species within plant groups. It is calculated from the following formula:

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$$

Where  $P_i = n_i/N$ ;  $n_i$  = number of individuals of species  $i$ ;  $N$  = total number of individuals,

$\log_2$ : Logarithm of base two (02),  $i$  ranging from 1 to  $S$  (total number of species).

$H'$  usually ranges from 0 to 5 and is expressed in bits. It measures the dominance of the community by a few species, and is low when there is dominance. The Shannon index is minimal ( $H' = 0$ ) if all the individuals in the stand belong to the same species.  $H'$  is maximum when all individuals are equally distributed across all species (Miderho *et al.*, 2017; Wanie, 2020) and corresponds to environmental conditions that are favorable for the settlement of many species; this is a sign of high environmental stability (Dajoz, 1985; Ajavon *et al.*, 2019). According to Arouna (2012) and Ajavon *et al.* (2019), the threshold for assessing the Shannon index is as follows:

- If  $0 \leq H' < 2$  bits, floral biodiversity is low;
- If  $2 \leq H' < 2.5$  bits, floristic biodiversity is medium;
- If  $H' \geq 2.5$  bit, floristic biodiversity is high.

### 2-3-3 Pielou's equitability (E)

Pielou's equitability or evenness is a measure of the degree of diversity achieved by the stand and corresponds to the ratio between the effective diversity ( $H'$ ) and the theoretical maximum diversity ( $H_{max}$ ) which is equal to the base 2 log of the number of taxa (Oumorou, 2003; Arouna, 2012). It is thus determined from the following formula:

$$E = H' / \log_2 R$$

$H'$ : represents the Shannon diversity index;

$H_{max} = \log_2 R$ : the theoretical value of the maximum diversity achievable in each formation.

Equitability varies between 0 and 1. It tends to 0 if nearly all the numbers correspond to a single species in the stand and tends to 1 when each species is nearly represented by the same number of individuals or the same cover. High Pielou equitability may then be a sign of a balanced stand (Dajoz, 1985; Ajavon *et al.*, 2019). The threshold for assessing Pielou equitability:

$0 \leq E < 0.5$ , low diversity;

$0.5 \leq E < 0.7$ , medium diversity;



$E \geq 0.7$ , strong diversity.

### 2-3-4 Simpson's index (1-D)

The Simpson index measures the probability that two randomly selected individuals belonging to the same species. It is given by the formula:

$$1 - D = \sum_{i=1}^S P_i^2,$$

Where  $P_i = n_i/N$ ;  $n_i$  = number of individuals of species  $i$ ;  $N$  = total number of individuals,

This index will have a value of 0 to indicate maximum diversity and a value of 1 to indicate minimum diversity. For the purpose of obtaining "more intuitive" values, Simpson's diversity index represented by  $(1-D)$  may be preferred; with the maximum diversity represented by the value 1, and the minimum diversity by the value 0 (Bütler, 2000; Ajavon *et al.*, 2019). Note that this index gives more weight to abundant species than to rare species. Adding rare species to a sample, hardly changes the value of Simpson's diversity index (Ajavon *et al.*, 2019).

### 2-3-5 Jaccard's coefficient of floristic similarity

It is used to compare different collection units and assess the diversity  $\beta$ . It is given by the formula:

$$PJ = \frac{c}{a+b-c} \times 100;$$

Where  $a$  = number of species in list  $a$ ;  $b$  = number of species in list  $b$ ;  $c$  = number of species common to lists  $a$  and  $b$ . The similarity between habitats is expressed by the high value of this index.

### 2-3-6 The Hamming distance

This is proposed by Daget *et al.* (2003) and is added to PJ to compare floristic surveys according to the formula:

$$H = 100 - PJ$$

where PJ is the Jaccard index. The thresholds used are shown in Table 1.

Table 1: Thresholds for comparison of floristic surveys according to Hamming distance

Thresholds	Comparison
$H \leq 20$	Very small floristic difference
$20 < H < 40$	Low floristic difference
$40 < H < 60$	Floristic difference medium
$60 < H < 80$	Floristic difference strong
$80 < H$	Floristic difference very strong

### 2-3-7 Diameter structure

The distribution of diameter classes is another important indicator involved in the structural study of vegetation, its evolutionary trend and regeneration dynamics (Sandjong, 2018). Diameter structures are indicative of

stand life events (Rondeux, 1999; Arouna, 2012). Diameter structures are generally histograms constructed from the relative frequencies of equal magnitude diameter classes. Plants were grouped into four (04) diameter classes of 10cm interval 1=] 0 - 10], 2=] 10 - 20], 3=] 20 - 30], 4=] 30 and +∞].

### 2-3-8 Vertical structure

The description of the vertical structure of the ecosystem was done based on the parameters such as height classes. The histogram of the height distribution gives an idea about the vertical structure of the studied formation (vegetation profile). The values are grouped in intervals of 3 m. The classes of heights in meters of the same amplitude in the majority, restore a certain equity in the vertical stratification of the individuals. Five (05) height classes are retained and are as follows: 1=]3-6], 2=]6-9], 3=]9-12], 4=]12-15], 5=]15 and +∞].

Composition, taxonomic structure, and diversity index were calculated using Microsoft Excel 2010 software and XLSTAT 2016 software was used for linear regressions between diameter and height.

## 3-Results

### 3-1 Specific composition of the MNP

The floristic inventory of the study area identified a total of 12,885 individuals belonging to 102 species (83 woody species and 19 herbaceous species), 81 genera (63 and 18 woody and herbaceous genera respectively) and 34 families, including 26 families for woody species and 8 families for herbaceous species (Table 2). Tree savanna (78 species, 59 genera and 26 families) and woodland (65 species, 54 genera and 24 families) are richer in species, genera and family than shrub savanna (38 species, 32 genera and 16 families) and grassy savanna (19 species, 18 genera and 8 families).

The most abundant species are *Anogeissus leiocarpa* (28.24%) in the woodland, *Detarium microcarpum* (21.28 and 22.30%) respectively in the tree savannah and shrub savannah, *spermacoce chaetocephala* (13.56%) in the grassy savannah. The most represented families are Fabaceae (24 species), Combretaceae (10 species), Poaceae (9 species), Rubiaceae and Malvaceae with 8 species each. Those common to all four vegetation types studied are Fabaceae, Malvaceae and Rubiaceae. The highest number of genera per family is recorded in Fabaceae (22 genera) and Poaceae (8 genera).

**Table 2:** Number of individuals and taxa in the four vegetation types

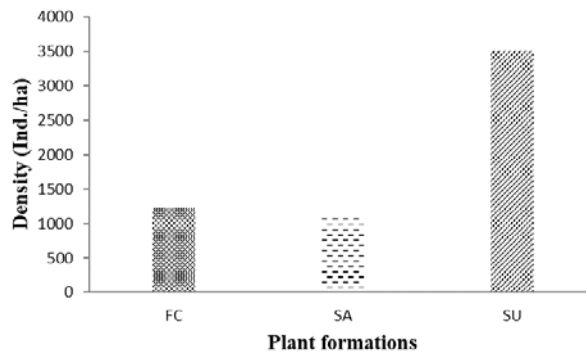
Taxa	FC	SA	SU	SH	Total
Individuals	6627	5217	982	59	<b>12885</b>
Species	65	78	38	19	<b>102</b>
Genera	54	59	32	18	<b>81</b>
Families	26	27	16	8	<b>34</b>

woodland (FC), Tree savannah (SA), Shrubby Savannah(SU), Grassy Savannah (SH)



### 3-2 Density

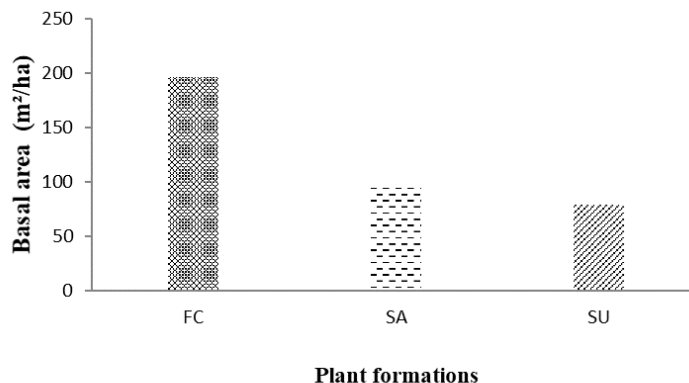
The average density of the park is 1956 individuals per hectare, including 1227 individuals per hectare for the woodland, 1133 individuals per hectare for the tree savannah and 3507 individuals per hectare for the shrubby savannah (Figure 2). The shrub savanna is the most dense in composition, followed by the woodland and the shrub savanna.



**Figure 2:** Density of woody plants in the three vegetation formations of the MNP. Woodland (FC), Tree savanna (SA) and Shrub savanna (SU).

### 3-3 Basal area

The basal area of the entire stand in the study area is 373.26 m<sup>2</sup>/ha and varies from 79.23 to 196.37 m<sup>2</sup>/ha for shrub savanna and woodland respectively (Figure 3 and Table 3). woodland dominates in terms of basal area, followed by shrub savanna and finally shrub savanna.



**Figure 3:** Basal area of the different vegetation types of the MNP

This basal area varies between species and according to the vegetation types (Table 3). Indeed, the most dominant species in the MNP is *Anogeissus leiocarpa* (75.77%) followed by *Guiera senegalensis* (29.41%), *Catunargam nilotica* (2879%) and *Detarium microcarpum* (26.22%). The least represented

species in the MNP are *Erythrina sigmoidea* and *Maytenus senegalensis* with 0.01% each. Between vegetation types, the most represented species are *Anogeissus leiocarpa* (58.76%) and *Guiera senegalensis* (29.38%) in the woodland, *Anogeissus leiocarpa* (13.17%), *Detarium microcarpum* (11.08%) and *Pseudocedrela kotschy* (11.84%) in the tree savannah, and *Catunargam nilotica* (2879%) in the shrubby savannah. On the other hand, the species least represented in each of the three vegetation types are *Catunargam nilotica* (0.01%), *Gardenia aqualla* (0.01%) and *Gardenia ternifolia* (0.01%) in the woodland, *Maytenus senegalensis* (0.01%), *Moringa oleifera* (0.01%) and *Ziziphus mucronata* (0.01%) in the tree savanna and finally *Pterocarpus lucens* (0.02%) and *Trema orientalis* (0.02%) in the shrub savanna.

**Table 3:** Specific and total basal area (m<sup>2</sup>/ha) in the three vegetation types of the MNP.

Species	FC	SA	SU	TOTAL	Species	FC	SA	SU	TOTAL
<i>Acacia polyacantha</i>	0,02	0,23	0,00	<b>0,25</b>	<i>Isoberberlinia doka</i>	0,00	0,33	0,00	<b>0,33</b>
<i>Acacia sieberiana</i>	0,99	0,32	0,00	<b>1,31</b>	<i>Khaya senegalensis</i>	6,99	0,57	0,00	<b>7,57</b>
<i>Afzelia africana</i>	0,32	0,38	1,12	<b>1,83</b>	<i>Lannea acida</i>	1,23	1,21	0,00	<b>2,44</b>
<i>Albizia adianthifolia</i>	0,42	0,00	0,00	<b>0,42</b>	<i>Lannea schimperi</i>	0,00	0,13	0,00	<b>0,13</b>
<i>Allophylus africanus</i>	0,26	0,02	0,00	<b>0,28</b>	<i>Lonchocarpus laxiflora</i>	0,00	0,05	0,00	<b>0,05</b>
<i>Amblygonocarpus andongensis</i>	0,48	0,16	0,00	<b>0,64</b>	<i>Maytenus senegalensis</i>	0,00	0,01	0,00	<b>0,01</b>
<i>Annona senegalensis</i>	0,32	0,03	0,00	<b>0,35</b>	<i>Mitragyna inermis</i>	0,96	0,05	0,00	<b>1,00</b>
<i>Anogeissus leiocarpa</i>	58,76	13,17	3,85	<b>75,77</b>	<i>Moringa oleifera</i>	0,01	0,01	0,00	<b>0,02</b>
<i>Azadirachta indica</i>	0,02	0,00	0,00	<b>0,02</b>	<i>Parinari curatellifolia</i>	2,06	1,19	0,50	<b>3,76</b>
<i>Balanites aegyptiaca</i>	0,15	0,08	0,00	<b>0,23</b>	<i>Parkia biglobosa</i>	0,44	1,19	0,00	<b>1,63</b>
<i>Bombax costatum</i>	0,63	0,17	0,00	<b>0,80</b>	<i>Pericopsis laxiflora</i>	1,85	0,73	0,28	<b>2,86</b>
<i>Bridelia ferruginea</i>	0,27	0,53	0,28	<b>1,09</b>	<i>Piliostigma reticulatum</i>	0,00	3,80	0,00	<b>3,80</b>
<i>Burkea africana</i>	1,12	2,91	0,85	<b>4,88</b>	<i>Piliostigma thonningii</i>	1,80	0,89	0,15	<b>2,84</b>
<i>Carissa edulis</i>	0,00	0,03	0,00	<b>0,03</b>	<i>Prosopis africana</i>	13,83	0,72	1,06	<b>15,60</b>
<i>Cassia sieberiana</i>	7,07	1,05	0,00	<b>8,11</b>	<i>Pseudocedrela kotschy</i>	1,08	11,84	0,00	<b>12,91</b>
<i>Catunargam nilotica</i>	0,01	0,04	28,74	<b>28,79</b>	<i>Pterocarpus lucens</i>	11,51	0,40	0,02	<b>11,93</b>
<i>Ceiba pantandra</i>	0,00	0,04	0,00	<b>0,04</b>	<i>Saba senegalensis</i>	0,44	0,40	0,73	<b>1,58</b>
<i>Celtis integrifolia</i>	0,07	0,00	0,00	<b>0,07</b>	<i>Sarcocephalus latifolius</i>	0,39	0,29	0,55	<b>1,23</b>
<i>Combretum collinum</i>	2,59	2,09	3,52	<b>8,21</b>	<i>Sclerocarya birrea</i>	0,88	0,21	0,00	<b>1,09</b>
<i>Combretum glutinosum</i>	2,01	1,09	1,15	<b>4,25</b>	<i>Securidaca longipedunculata</i>	0,05	0,31	0,06	<b>0,42</b>
<i>Combretum molle</i>	0,70	0,57	0,09	<b>1,37</b>	<i>Senna siamea</i>	0,00	0,21	0,00	<b>0,21</b>
<i>Combretum nigricans</i>	0,00	0,10	0,00	<b>0,10</b>	<i>Sida rhombifolia</i>	0,00	0,10	0,00	<b>0,10</b>
<i>Commiphora pedunculata</i>	0,09	0,00	0,00	<b>0,09</b>	<i>Sterculia setigera</i>	6,02	3,95	4,20	<b>14,17</b>
<i>Crossopteryx febrifuga</i>	2,69	4,55	1,19	<b>8,43</b>	<i>Stereospermum kunthianum</i>	1,56	2,47	0,41	<b>4,44</b>
<i>Daniellia oliveri</i>	5,68	4,40	0,00	<b>10,09</b>	<i>Strychnos innocua</i>	0,04	0,11	0,81	<b>0,96</b>
<i>Detarium microcarpum</i>	4,41	11,08	10,72	<b>26,22</b>	<i>Strychnos spinosa</i>	0,52	0,96	2,71	<b>4,18</b>
<i>Dichrostachys cinerea</i>	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>	<i>Swartzia madagascariensis</i>	0,08	0,38	0,80	<b>1,25</b>
<i>Diospyros mespiliformis</i>	0,46	0,11	0,00	<b>0,57</b>	<i>Tamarindus indica</i>	3,61	1,06	0,32	<b>4,99</b>
<i>Entada africana</i>	0,00	0,13	0,31	<b>0,44</b>	<i>Terminalia avicennioides</i>	0,00	0,04	0,00	<b>0,04</b>
<i>Erythrina sigmoidea</i>	0,00	0,00	0,00	<b>0,01</b>	<i>Terminalia glaucescens</i>	3,58	2,27	0,33	<b>6,19</b>
<i>Ficus capensis</i>	0,00	0,03	0,00	<b>0,03</b>	<i>Terminalia laxiflora</i>	8,12	7,66	2,84	<b>18,62</b>
<i>Ficus dekdekena</i>	0,00	0,02	0,00	<b>0,02</b>	<i>Terminalia macroptera</i>	0,00	0,48	0,00	<b>0,48</b>
<i>Ficus glumosa</i>	0,00	2,10	0,00	<b>2,10</b>	<i>Trema orientalis</i>	0,20	0,15	0,02	<b>0,36</b>
<i>Ficus platyphylla</i>	0,93	1,79	0,00	<b>2,71</b>	<i>Vitellaria paradoxa</i>	1,19	3,80	0,26	<b>5,24</b>
<i>Ficus sycamoros</i>	0,03	0,07	0,00	<b>0,10</b>	<i>Vitex doniana</i>	0,11	0,10	0,00	<b>0,21</b>
<i>Gardenia aqualla</i>	0,01	0,08	0,00	<b>0,08</b>	<i>Vitex simplicifolia</i>	0,56	0,13	0,37	<b>1,06</b>
<i>Gardenia erubescens</i>	0,01	0,08	0,53	<b>0,62</b>	<i>Ximenia americana</i>	0,03	0,13	0,16	<b>0,32</b>
<i>Gardenia ternifolia</i>	0,00	0,13	1,64	<b>1,77</b>	<i>Ziziphus abyssinica</i>	0,04	0,14	0,20	<b>0,37</b>
<i>Grewia flavescens</i>	0,17	0,01	0,05	<b>0,23</b>	<i>Ziziphus mucronata</i>	0,08	0,01	0,00	<b>0,09</b>
<i>Grewia venusta</i>	0,00	0,73	6,21	<b>6,94</b>	<b>TOTAL</b>	<b>196,37</b>	<b>97,65</b>	<b>79,23</b>	<b>373,26</b>
<i>Guiera senegalensis</i>	29,38	0,03	0,00	<b>29,41</b>					

<i>Hexalobus monopetalus</i>	0,05	0,50	0,75	<b>1,30</b>
<i>Hymenocardia acida</i>	6,99	0,22	1,42	<b>8,63</b>
<i>Hyphaena thebaica</i>	0,00	0,14	0,00	<b>0,14</b>

woodland (FC), Tree savannah (SA), Shrubby Savannah (SU)

### 3-4 Diversity index, floristic equitability and similarity

Species richness, diversity index (Shannon and Simpson), and Piélou's evenness vary among the three vegetation types of the MNP (Table 4). Species richness decreases from woodland (6627) to shrub savanna (982) to tree savanna (5217). Shannon's index, simpson's index, and Piélou's evenness are highest in tree savanna (3.11 bits, 0.25, and 0.81), lowest in shrub savanna (2.03 bits, 0.20, and 0.68), and intermediate in woodland (2.52 bits, 0.19, and 0.73). Piélou's evenness for each of the three vegetation types is low, as the values for all three vegetation types are less than 0.5. With respect to Simpson's index, the values obtained are approximately equal to 1 (1-D≈1) in all three vegetation types.

**Table 4:** Different floristic index by vegetation types,

Index	FC	SA	SU
<b>R</b>	6627	5217	982
<b>H'</b>	2,52	3,11	2,03
<b>E</b>	0,19	0,25	0,20
<b>1-D</b>	0,73	0,81	0,68

**H'**: Shannon Index; **E**: Piélou evenness; **1-D**: Simpson Index; **R**: Specificity Richness, **FC**: woodland, **SA**: Tree Savanna and **SU**: Shrub Savanna.

### 3-5 Similarity among the park's plant groupings

Table 5 presents the degree of similarity between the three vegetation types in Manda National Park through Jaccard's index (J) and Hamming's distance (H). The closer the Jaccard index value is to 100, the higher the similarity of the vegetation types. Whereas for Hamming, the higher the distance value, the less similarity the vegetation types show. The jaccard index tends towards 100% (70.23%) and the Hamming distance is low (29.76%) between the woodland and the tree savannah, indicating that the floristic difference is low between these two vegetation types of the MNP. On the other hand, between the woodland and the shrub savanna and between the shrub savanna and the tree savanna the jaccard index are average respectively 56.06% and 45% and the Hamming distance are also average, respectively 43.93% and 55%. This indicates that the floristic differences of these vegetation types of the MNP are average.

**Table 5:** Jaccard's index (J) and Hamming's distance (H) between the three vegetation formations of the MNP.

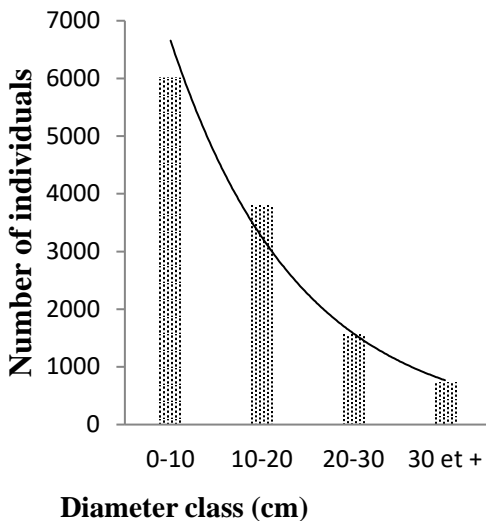
Index	FC-SA	FC-SU	SA-SU
<b>J (%)</b>	70.23	56.06	45
<b>H (%)</b>	29.76	43.93	55

Floristic difference	low	medium	medium
	woodland (FC), Tree savanna (SA) and shrubby savanna (SU).		

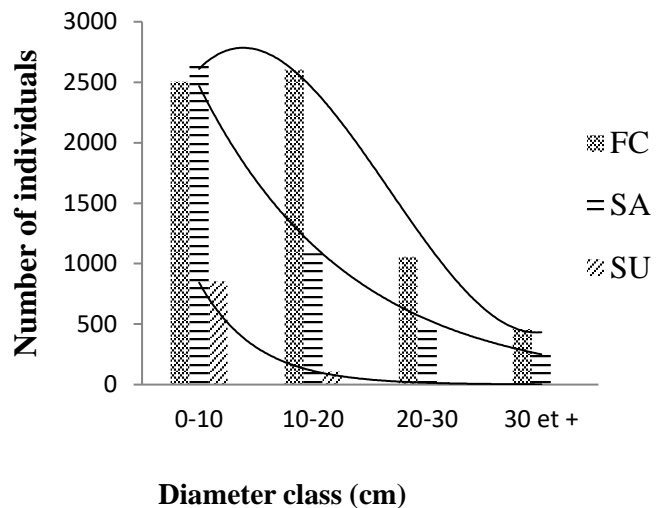
### 3-6 Distribution of diameter classes

Figures 4 and 5 provide information on the floristic evolutionary trends of Manda National Park, in general, and its three vegetation formations in particular. The distribution of diameter classes is L-shaped (or inverted J-shaped) for the entire vegetation of the park (Figures 4), indicating that the number of individuals is higher for the small diameter classes (0-10 cm) than for the large classes ( $\geq 30$  cm). That is, the number of individuals decreases with increasing diameter. This suggests that the regeneration of this park is good overall.

Between the three vegetation formations, the distribution of diameter classes is of the asymmetrical bell shape to the right, centered on 10-20 cm individuals for the woodland (Figures 5). Young individuals (0 - 10cm) and adult individuals (20 - 30 and  $\geq 30$  cm) are poorly represented. On the other hand, for the tree savannah (SA) and shrub savannah (SU) these distributions have the shape of an inverted "J" or "L", characteristic of a vegetation types dominated by a large number of young subjects, a small number of individuals with a large diameter, with a regular reduction in the number of individuals when the diameter increases.



**Figure 4:** Diameter class distribution of MNP vegetation as a whole

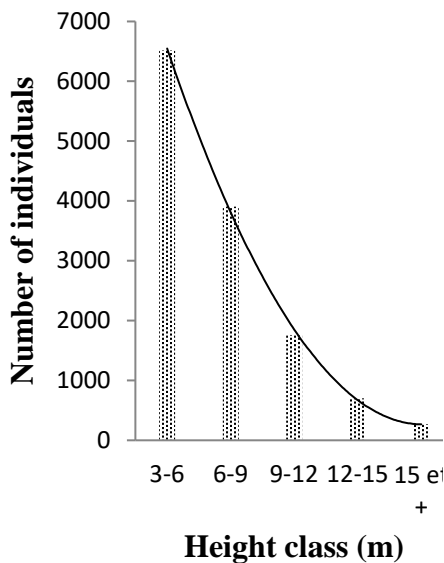


**Figure 5** Diameter class distribution of the 3 vegetation formations of the MNP: woodland (FC), Tree savanna (SA) and Shrub savanna (SU).

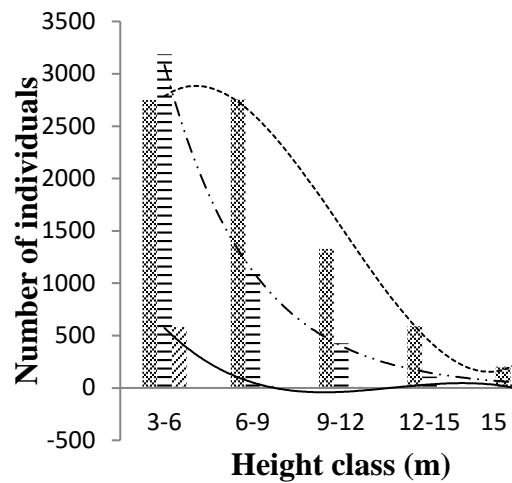
### 3-7 Height Class Distribution

Like diameter, the height class distribution of woody species in the park's overall vegetation is "L" shaped (Figure 6). The vegetation cover of the MNP is dominated by young individuals ranging in height from 3 to 6 m. These are more numerous than the mature individuals.

The height class distributions for the three vegetation types in the MNP are different (Figure 7). In the woodland, the trend line of the height class distribution is bell-shaped. In contrast, in the tree and shrub savannas, the height class distributions are "L" shaped, indicating a downward trend in the number of individuals from lower to higher classes. The shrub savanna contains a low proportion of individuals in height classes above 9 m.



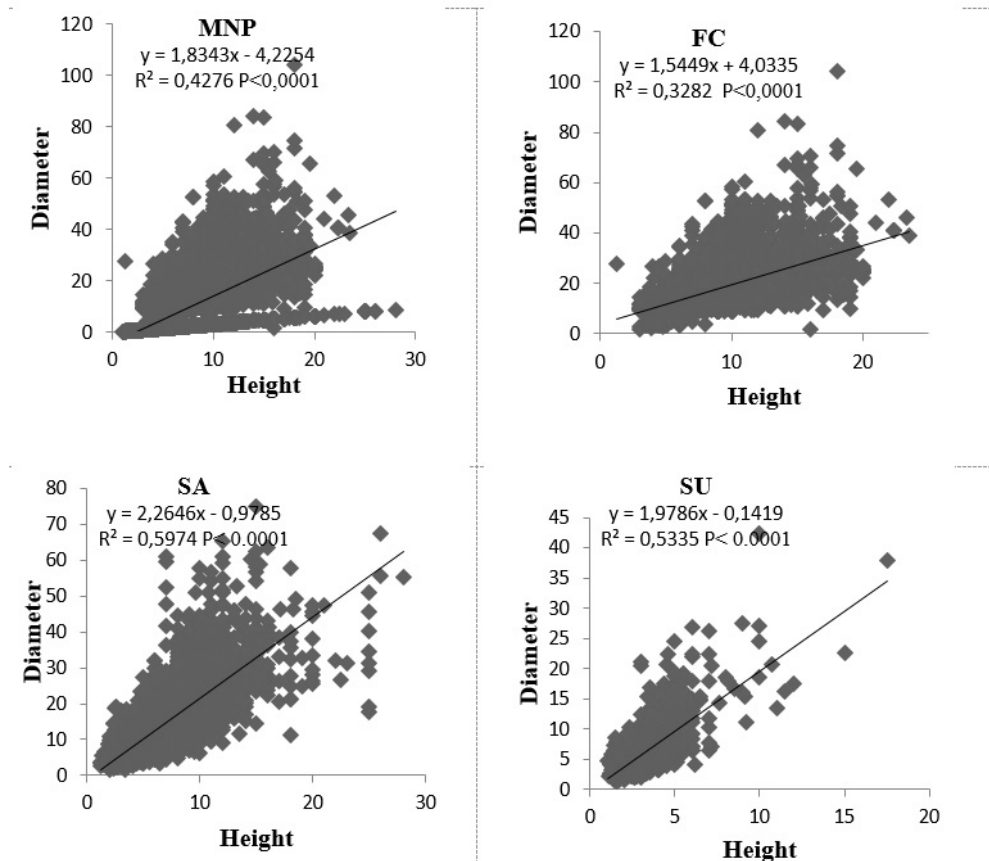
**Figure 6:** Height class distribution of woody vegetation in the MNP as a whole.



**Figure 7:** Distribution of height classes of woody plants in the three vegetation types of the MNP: woodland (FC), tree savanna (SA) and shrub savanna (SU).

### 3-8 Linear regressions between diameter and height

The relationships between diameter at 1.30 m and total height are shown in Figure 8. These relationships are linear, positive and significant ( $P < 0.001$ ), for the whole vegetation of the MNP in general, as well as for the three (03) vegetation formations (FC, SA and SU) in particular. The coefficients of determination ( $R^2$ ) vary from 0.328 for the woodland to 0.597 for tree savannah.



**Figure 8:** Linear regressions between height and diameter of the vegetation of the MNP in general and its three (03) vegetation formations: woodland (FC), Tree savannah (SA) and Shrubby savannah (SU).

## 4-Discussion

### 4-1 Specific composition of the PNM

The results on the specific composition show that the vegetation of MNP is very rich (102 species, 81 genera and 34 families). We also note a dominance of species such as *Anogeissus leiocarpa* (28.24%) in the woodland, *Detarium microcarpum* (21.28%) and (22.30%) respectively in the tree savanna and shrub savanna, *spermacoce chaetocephala* (13.56%) in the grassy savanna. The families most represented and common to the four vegetation types studied are Fabaceae, Malvaceae and Rubiaceae. This result is similar to that found by Kimpouni *et al.* (2019) (106 species, 83 genera, and 36 families) but far from that of Saradoum (2012), who recorded 520 species, 295 genera, and 82 families in the same study area. This great difference in species, genera and families in 8 years between this article result (2020) and that of Saradoum (2012), is explained by the fact that this article does not have the same objective and this study did not take place in the same sites as Saradoum.

However, according to Marcon (2011), increasing the sampling area is not always a suitable solution in the tropics, since it always results in an increase in the number of species. It is important to know that the larger the area, the greater the chance of having a very high floristic diversity, especially in this case study. This may also indicate that there is a strong pressure on the vegetation of the MNP. The low richness of species, genera and families in the savannahs (shrub and grassy) would be linked to the strong pressure exerted by the local residents and livestock on the vegetation of these savannahs. Madjimbé *et al* (2019) revealed in their research in the same area that the most important families are Fabaceae and Combretaceae. Regarding the highest number of genera per family and the most abundant species, these results corroborate the results of Saradoum (2012), Ndotam *et al.* (2017) and Kouyate *et al.* (2020). The latter, in their study found that species of the family Combretaceae, Poaceae, Fabaceae, Rubiaceae and Apocynaceae were the most numerous and the most abundant species are *Prosopis africana*, *Detarium microcarpum*, *Flueggea virosa*, *Piliostigma reticulatum* and *Anogeissus leiocarpa*.

#### **4-2 Density and Stand Basal Areas**

The highest densities and lowest basal area are observed in the shrub savanna, because the vegetation is dominated by species consisting not only of small diameter individuals, but also in small numbers such as *Grewia flavescens*, *Grewia venusta* and *Bridelia ferruginea*. The variation in density and basal area between vegetation types is due to the size of the trees in the vegetation types. The larger the trees in a vegetation types, the less dense they are. Human pressure in woodland and tree savanna could be explained by the low presence of reproductive individuals due to abusive exploitation, especially of woody forest products (Kouyate *et al.*, 2020). These results are confirmed by Diouf *et al.* (2019) who indicate that the low basal area is explained by the presence of a strong community of small diameter reflecting a stand with shrub dominance. Regarding the species with high basal area, these results of this article are similar to that of Wanie (2020) who found basal area dominance is due to individuals with developed trunks such as *Anogeissus leiocarpa*, *Acacia polyacantha*, *Faidherbia albida*, *Tamarindus indica*, and *Balanites aegyptiaca* and those of Bagnian *et al.* (2019), the lowest basal area because the flora is dominated by species such as *Guiera senegalensis* and *Hypaene thebaica* that are shrubs, with small trunks.

#### **4-3 Diversity index**

The calculated Shannon diversity indices indicate high species diversity in woodland and tree savanna ( $H' > 2.5$ bits), but moderate floristic richness in shrub savanna ( $H' < 2.5$  but  $> 2$ ). The low values of the equitability



index in all vegetation units (between 0.19 and 0.25) indicate a poor equi-representation of individuals between the different species and for the three (03) vegetation types. As for Simpson's index, its values are close to 1 in the different vegetation formations, reflecting the high probability that two randomly selected individuals are of different species. The average floristic diversity observed in the shrubby savannah would be linked to anthropic activities. The low values of equitability of Piélou, according to Fongnzossie *et al.* (2019) is a massif in transitional phase and under the influence of disturbance stress. The comparison of the woody flora counted, in the different vegetation types on the basis of the Jaccard index associated with the Hamming distance shows a small floristic difference between FC and SA, with the value of Jaccard index of 70.23% and the corresponding Hamming distance is 29.76%. On the other hand, between FC and SU and between SA and SU, the floristic difference is medium with respective Jaccard index values of 56.06% and 45%, and the corresponding Hamming distances of 43.93% and 55% respectively. There is thus a heterogeneity of the massif in relation to the shrub savanna. The latter is distinguished from the other vegetation types by its state of degradation. The differences between the vegetation types would be due to the influence of anthropogenic activities such as bushfire and livestock (Figures 9 and 10). Nyasiri (2018) believes that in addition to anthropogenic activities, climatic and edaphic factors influence species development.



**Figure 9:** Negative impact of bush fires on MNP vegetation



**Figure 10:** oxen grazing in the MNP

#### 4-4 vegetation types characteristics

The distribution of diameter classes showed variation across vegetation types. In the woodland the horizontal structure is asymmetrically bell-shaped to the right, centered on individuals 10-20 cm (Figure 5). Young



individuals (0- 10cm) and adult individuals (20-30cm and 30+) are poorly represented. This type of distribution is characteristic of mono-specific stands with very low regeneration potential (Kouyate *et al.*, 2020). The "inverted J" or "L" shape (Figure 5) was observed in the Tree Savanna and Shrub Savanna, characteristic of a type 1 stand, dominated by a large number of young individuals, a small number of large individuals with a regular reduction in the number of individuals from one size class to the next. This type of structure is characteristic of a stable stand with a strong presence of individuals in the young classes (Diouf *et al.*, 2019). This indicates that large individuals are highly exploited as noted by Idrissa *et al.* (2020). This type of form is characteristic of multi-species stands with a predominance of young individuals ensuring a high regeneration potential (Sandjong, 2018). The predominance of young individuals can be explained by the relationship between species temperament and height distribution (Kouyate *et al.*, 2020). However, the survival of these young individuals is problematic due to bush fires and overgrazing. In contrast, species that are resistant to bushfire have a high proportion of mature individuals (Nkongmeneck *et al.*, 2010; Kouyate *et al.*, 2020).

## 5. Conclusion

The floristic inventory of the Manda National Park has allowed us to record a total of 12885 individuals belonging to 103 species, 81 genera and 34 families. The most represented families are Fabaceae (24 species), Combretaceae (10 species), Poaceae (9 species), Rubiaceae and Malvaceae, each with 8 species. The highest average density per hectare is found in the shrubby Savanna (3507ind/ha). The highest basal area is observed in the woodland and the highest rate of natural regeneration of species in the shrub savannas. However, analysis of the diameter structure in the tree and shrub savannas showed the existence of a high regeneration potential in contrast to the woodland. There is a floristic richness in the woodland and the tree savannah, but the low values of the equitability index (less than 0.5) indicate a poor distribution of individuals between the different species and for the three (03) vegetation types. These results allow us to conclude that the Manda Park has a good specific diversity and is under anthropic pressure through the destruction of its vegetation cover. In order to promote good management of the park, it is essential to conduct such analyses on biological traits, in a staggered manner in time and space. Strategies must be developed to ensure conservation, survival of natural regeneration, and allow for low-cost propagation activities of local forest species.

## References:

1. Aboubacar K., Douma S., Moussa M. B., Djermakoye Seyni R. S., (2018): Structure des populations naturelles de *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance, ligneux d'intérêt alimentaire, dans le Dallol Bosso (Niger). *Bois et Forêts des Tropiques*, 337 : 67-78.
2. Ajavon Y., Djafarou A., Kooke G. X. et Tente B. A. H. (2019). Diversité floristique des sous-bois des plantations de *Acacia auriculiformis* dans la forêt classée de Pahou au Sud du Bénin. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 300: 300 – 322.
3. Anonymous, (2014): Rapport National sur la Biodiversité au Tchad 5ème Édition, 65p.
4. Arouna O. (2012): Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin : implications pour l'aménagement du territoire. Thèse de Doctorat Unique, Option : Géographie et Gestion de l'Environnement Spécialité: Dynamique des Ecosystèmes et Aménagement du Territoire, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi 246p.
5. ASECNA, (2018). Agence pour la Sécurité Aérienne en Afrique et à Madagascar, centre météorologique de sarh.
6. Bagnian I., Yameogo J. T., Laouali A., Toudou A., Mahamane A., (2019). Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux issu de la régénération naturelle assistée (RNA) dans les régions de Maradi et Zinder, Niger. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 39 (2): 6454-6467.
7. Diouf J., Mbaye M. S., Camara A. A., Dieng B., Ndongo D., Sarr M. et Noba K., (2019). Structure et dynamique de la flore et la végétation de la réserve spéciale botanique de Noflaye (Sénégal), *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13(3): 1458-1472.
8. Doumenge C., Palla F., Scholte P., Hiol Hiol F. & Larzillière A. (Eds.), (2015). Aires protégées d'Afrique centrale – État 2015. OFAC, Kinshasa, République Démocratique du Congo et Yaoundé, Cameroun, 256 p.
9. FAO (2011): Mesurer la dégradation des forêts; *unasyva*, 62 (2): 68p.
10. Fongzossie F. E., Biwolé Achille B., Nguenang Guy M., Ngo Soumbang S., Ngo Nyanit C., Fono L. A., Dibong S. D., F. Nekdem, Ngoufo R., (2019). Analyse floristique, structurale et phytogéographique de la végétation du massif forestier de Ngog-Mapubi-Dibang (Cameroun). *J. Bot. Soc. Bot. France*, 86: 75-92.
11. Grégoire V., Weissenbacher E., Sabatier D., Lilian B., Proisy C., Couteron P., (2010): Détection des variations de structure de

- peuplements en forêt dense tropicale humide par Lidar aéroporté. *Revue Française de Photogrammétrie et Télédétection*, 191: 42-51.
12. Idrissa I., Lawali S., Karim S., Marou B., Adagoye B. A. et Mahamane A., (2020). Perception communautaire de la dynamique de parcours naturels sahéliens des trente dernières années : cas de l'enclave pastorale de Dadaria (Maîné - Soroa, Diffa) au Niger. *Afrique SCIENCE*, 16(5): 173 – 188.
  13. Kimpouni V., Nzila J. D., Massamba-Makanda C.-M., Salisou Y. M. et Kampe J. P., (2019). Spatial Analysis of the Woody Flora of the Djoumouna Peri-urban Forest, Brazzaville (Congo). *Ecology and Evolutionary Biology*. 4(1): 1-10.
  14. Kouyate A. M., Diarra I., Rabiou H., (2020). Composition floristique, diversité et structure des espèces forestières alimentaires de la région de Sikasso au sud du Mali. *European Scientific Journal*, 16 (12) : 156-178, Doi:10.19044/esj.2020.v16n12p156.
  15. Madjimbé G., Saradoum G., Goalbaye T., Waya E. et Pounakoumna J., (2019). Dynamique des peuplements ligneux dans le Parc National de Manda, au sud du Tchad. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 42 (1): 7139-7152.
  16. Marcon E. (2011). Mesures de la Biodiversité, Ecologie des Forêts de Guyane. CNRS, CIRAD, INRA: Paris; 42 p.
  17. Masharabu T. (2011). Flore et végétation du Parc National de la Ruvubu au Burundi: diversité, structure et implications pour la conservation Thèse présentée en vue de l'obtention du Diplôme de Docteur en Sciences Faculté des Sciences, Ecole Inter-Facultaire de Bio-ingénieurs Service d'Ecologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale de l'Université libre de Bruxelles, Université d'Europe, 169p.
  18. Mertens, B. Orekan, V. Eds. (2019). Actes de la Conférence « Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique », Actes de la Conférence OSFACO 13-15, Cotonou, Bénin. Observation Spatiale des Forêts de l'Afrique Centrale et de l'Ouest (OSFACO), 547p.
  19. Ndotam T. I., Reounodji F., Kasali J. L. et Diaouangana J. (2017): Evaluation de la diversité floristique en herbacées dans le Parc National de Manda au Tchad. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11(4): 1484-1496.
  20. Ngom D., Fall T., Sarr O., Diatta S. et Akpo LE, (2013). Caractéristiques écologiques du peuplement ligneux de la réserve de biosphère du Ferlo, Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 65: 5008 – 5023.

21. Nyasiri J., (2018). Anthropisation et dynamique spatio-temporelles des paysages forestiers de la falaise de Ngaoundéré (Adamaoua-Cameroun). Thèse doctorat Ph/D. Université de Ngaoundéré. 141P.
22. Pias J., (1970). La végétation du Tchad, ses rapports avec les sols et variations paléobotaniques au quaternaire. Contribution à la connaissance du bassin Tchadien. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M., n° 6, 49 p.
23. Pias J., (1964). Les sols du Tchad. VIIIème Congrès International de la Science du Sol, Bucarest- Roumanie. *Comptes rendus*, (V): 145-151.
24. Sandjong S. R. C., Ntoupka M., Vroumsia T. et Ibrahima A. (2018). Caractérisation structurale de la végétation ligneuse du Parc National de Mozogo-Gokoro (Cameroun). *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica*, 21: 7-24, DOI: 10.21248/fvss.21.56.
25. Sandjong S. R. C., Ntoupka M., Ibrahima A. et Vroumsia T. (2013). Etude écologique du Parc National de Mozogo-Gokoro (Cameroun): prospections préliminaires de la flore ligneuse et du sol pour sa conservation et son aménagement, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(6): 2434-2449.
26. Saradoum. G. (2012). Étude phytosociologique et diagnostic faunique du Parc National de Manda au Tchad; éléments pour un aménagement. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur en Biologie, Physiologie et Pathologie et Végétale. UCAD, DAKAR, 183p.
27. Tchago B., (1999). Les systèmes de gestion participative rationnels avec une exploitation et une gestion optimale des ressources par l'atténuation des pressions qui existent dans et autour du Parc National de Manda. Rapport de consultation, Tchad, 108 p.
28. Thiombiano A., Glele kakai R., Bayen P., Boussim J.L., Mahamane A., (2016). Méthodes et dispositifs d'inventaires forestiers en Afrique de l'ouest : état des lieux et propositions pour une harmonisation in Méthodes de collecte et d'analyse des données de terrains pour l'évaluation et le suivi de la végétation en Afrique. *Annales des Sciences Agronomiques.*, 20(Spécial projet Un désert-UE): 15-30
29. UICN/PACO (2008). Evaluation de l'efficacité de la gestion des aires protégées : aires protégées du Tchad. ISBN : 978-2-8317-1109-6 56.
30. Wanie I. S. (2020). Impact socio-économique et environnemental de l'exploitation de la végétation de Minawao dans le Département du Mayo-Tsanaga (Extrême-Nord, Cameroun). Thèse de Doctorat/Ph.D., Faculté des Sciences Université de N'Gaoundéré, 211p





## **Dose Variation To Critical Points In Low Dose Rate Intracavitary Brachytherapy Of Cervical Cancer As Justification For Incident Learning**

***Eric C.D.K. Addison,***

Department of Physics, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, Ghana  
Oncology Directorate, Komfo Anokye Teaching Hospital, Kumasi, Ghana  
Department of Medical Physics, Graduate School of Nuclear and Allied Sciences, University of Ghana

***Joseph Adom,***

Department of Physics, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, Ghana  
Oncology Directorate, Komfo Anokye Teaching Hospital, Kumasi, Ghana

***Francis Hasford,***

***John H. Amuasi,***

Department of Medical Physics, Graduate School of Nuclear and Allied Sciences, University of Ghana.

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n03p48](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n03p48)

Submitted: 22 November 2021

Accepted: 26 December 2021

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Addison E.C.D.K., Adom J., Hasford F., & Amuasi J.H., (2022). *Dose Variation To Critical Points In Low Dose Rate Intracavitary Brachytherapy Of Cervical Cancer As Justification For Incident Learning* European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 48.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n03p48>

### **Abstract**

**Background:** Low Dose Rate (LDR) brachytherapy necessitates a more extended treatment duration. This technique maintains the patient on the treatment machine for a longer length of time, which may cause changes in the applicators' position due to vaginal packing soaking and patient movement for incident learning justification.

**Objective:** The purpose of this study is to evaluate pre- and post-dosage variation to points 'A' and 'B,' as well as vital organs (i.e. bladder and rectum), for low dose rate (LDR) brachytherapy at Komfo Anokye Teaching Hospital and justify the need for incident learning system.

**Method:** Forty (40) patients with invasive cervical cancer were treated with LDR brachytherapy equipment (A Curietron Cesium Manuel (AMRA)-France, CA 98.22) to point 'A' at doses ranging from 30 to 35 Gy. Adult patients selected for the study ranged from 25 to 60 years simulated. For each patient, orthogonal images of anterior-posterior (AP) and (LAT) were taken by positioning the patient on the Varian Acuity Simulator Couch at 00 and 900, respectively, and two sets of orthogonal images (before and after treatment), in each case, were considered. The treatment was then planned using the AP and LAT images obtained based on the four arrangements used, namely 1-2-5, 1-3-5, 1-4-5, and 1-5. The treatment planning system used for the study was the Prowess Panther system 4.6.

**Results:** The dosage disparity at point 'A' was determined to be 1.16 per cent, which is highly commendable compared to previous research that established dose variations of 2%, 35%, 8%, and 20%. In this study, the dosage variation at point B was 0.75 per cent. The bladder and rectum had average alterations of 2.32 per cent and 0.30 per cent, respectively.

**Conclusion:** The difference observed between prescribed, and deposited dosage was 2.11 per cent for quality assurance and incident learning reasons. Unrealistic expectations, reliance on reminders and quick remedies, and faults in the systemic view of failure were discovered and addressed as managerial issues. It is critical not to underestimate these difficulties because they are frequently significantly more severe than the technical issues being addressed. Incident issues were not recorded per patients under review, but near misses and non-conformance were observed. The geometric variances between the Intracavitary Brachytherapy Treatment (ICBT) applicators and the essential organs change during the treatment process, resulting in dosage changes. Does variance is within the required standard limits; it can be stated that Komfo Anokye Teaching Hospital's practice satisfies the international standard and is an intrusion into the Directorate Incident Learning System.

---

**Keywords:** Low dose rate (LDR) Brachytherapy (BT), Cervical cancer, Point A, Point B, Intracavitary Brachytherapy Treatment

## **Introduction**

Cancer is a disease that occurs at the cellular deoxyribonucleic acid (DNA) level. It is an uncontrolled growth of human cells, spreading to surrounding and remote tissues. Cancer can invade other body parts through the hematopoietic and lymphatic systems. There are over one hundred types of cancers and are mostly named by the organ or kind of cell they attack (cancer that begins in melanocytes of the skin is melanoma). Cervical cancer begins in cells lining the cervix. The squamous cells and glandular cells are

the two main cells covering the cervix. The meeting place of these types of cells is known as the transformation zone. Early detection of the tumour makes its treatment quite easier and effective. If there is uncontrolled cell growth, it will end up in the individual's death (Chaffer et al., 2011). The past years have observed a great development towards treating and understanding the previously proposed cancer hallmarks (Hanahan and Weinberg, 2000). With improvements in early detection and the different treatment modalities, many cancers have become curable (Pollack et al., 2009). Cervical cancer is the fourth most occurring cancer affecting women globally, after breast, colorectal, and lung cancers, with 528 000 new cases every year; it is most common in the lower resource countries of sub-Saharan Africa (WHO, 2012). Cancer of the cervix is responsible for the death of an estimated 231000 women annually, with over 80% of these deaths occurring in developing countries (Domfeh et al., 2008). In Ghana, mortality due to cervical cancer is on the rise due to the absence of an organised and effective cervical cancer prevention and control program (Adams, Nortey, Dorte, Asmah, & Wiredu, 2019). The second most prominent female malignancy in sub-Saharan Africa is cervical cancer (Parkin et al., 2003). Southern and Eastern Africa, with respectively 43 per 100000 women and 37 per 100000 women, reported the maximum incidence rates in the world (WHO, 2008). The most common cancer type varies among countries. Certain cancers, such as cervical cancer, are much more common in countries at the lower end of the human development index (HDI) than in high-HDI countries. Incident cases of 569 847 for Cervix uteri (WHO, 2020). The corresponding mortality rates are 34 per 100000 women and 23 per 100000 women. For instance, the incidence rate for all races is 8.2 per 100000 women in the United States (Leaver and Labonte, 2010), while Makin and Kamanu (2010) noted that mortality rates in resource-rich countries seldom exceed 5 per 100,000 women. This difference between Africa and the advanced world is enormous, and the success in the latter is attributed largely to widespread comprehensive cervical cancer screening control programs (WHO, 2008; Adewole et al., 2005). In Africa, with 267.9 million women aged 15 years or greater, estimates are that 78897 women are diagnosed with cervical cancer annually, and 61671 (78%) die from the disease (Denny, 2010). Radiotherapy, in the form of External Beam Radiotherapy (EBRT), brachytherapy or both, constitutes an essential aspect of treating carcinomas. Cancers such as those of the breast, prostate, cervical



and skin are usually treated by combining EBRT and brachytherapy. In Ghana, brachytherapy is usually used to manage cervical and sometimes prostate cancers. Margaret Cleaves first performed intracavitary brachytherapy (ICBT) in 1903, which involves placing uterine tandem and vaginal ovoids (Koushik et al., 2010). The three types of brachytherapy machines or processes developed are high dose rate (HDR), medium dose rate (MDR) and low dose rate (LDR) brachytherapy. In using LDR brachytherapy, the displacement and motion of the applicator as a result of prolonged treatment time and unavailability of rigid applicator fixation is one of the most major problems (Ljunggren et al., 1987). In some cases, only two ovoids are used when the patient has undergone total or partial hysterectomy. Low dose rate intracavitary brachytherapy involves the delivery of radiation at a continuous rate of 0.4-2 Gy/hr, and this means delivering 30 to 35 Gy will take around 30 to 50 hours. Due to this long treatment time, soakage of vaginal packing and patient movement can change the position of the applicators. These changes go a long way to defeat the intent of the oncologist and make most of the patients have some complications such as fistula after treatment. Given this, there is the need to evaluate the dose variation to the critical point and organs due to the prolonged treatment time, hence, the justification for incident learning and safer radiotherapy. This is achieved by evaluating the geometric movement of the fixed reference points in LDR brachytherapy patients and determining the actual dose difference, in turn to critical structures and the clinical outcome. Incident Reporting and Learning System (IRLS) is a unique, empirical safety mechanism in radiotherapy practice. It thoroughly addresses patient and personnel protection and high-quality practice in the Radiotherapy setting in all facets of the radiotherapy community as a necessary condition for safer radiotherapy care. In the Departments of Radiation Oncology, IRLS is gaining the momentum needed to be used as a precondition for improving quality health care and patient safety. Numerous organisations such as Safety in Radiation Oncology (SAFRON) system, the Radiation Oncology Incident Learning System (RO-ILS) system, the National System for Incident Reporting (NSIR-RT), and the Radiotherapy Incident Reporting and Review System (RIRAS) advise on this (Kohn, Corrigan, and Donaldson, 2000). As a result of advances in treatment techniques, and advanced irradiation equipment, radiotherapy has evolved into a scientific discipline involving personnel from various backgrounds, including radiation oncologists, medical

physicists, biomedical engineers, quality experts, and radiation therapy technologists.

## Material And Methods

In this study, materials used for patient set up and absorbed dose calculations include Fletcher type brachytherapy applicators. Others are the Varian Acuity simulator, Prowess Panther system 4.6 treatment planning system (TPS) and Cs-137 Curietron (AMRA) Fletcher- France (CA 98.22) LDR brachytherapy system. The age group of adult patients for the study was between 25 and 60, all females with the tumour stage I-IV at KATH. Orthogonal images of anterior-posterior (AP) and lateral (LAT) were taken for every patient using the Varian Acuity simulator. In each case, two sets of orthogonal images (before and after treatment) were considered to decide various parameters relating to the applicator geometry and its spatial relation to the bony pelvis. In order to see the bladder and rectum, Urografin (radio-opaque substance) was passed through a catheter into the organs. The gauze was packed into the vagina in order to stabilise the applicators. Reference planes (x, y, z) were also defined for each set of images by using the patient's bone landmarks to evaluate changes in the positioning of applicators relative to fixed bony landmarks of the patient. The exact patient positioning for the post-treatment images was identified with marks on the patients.

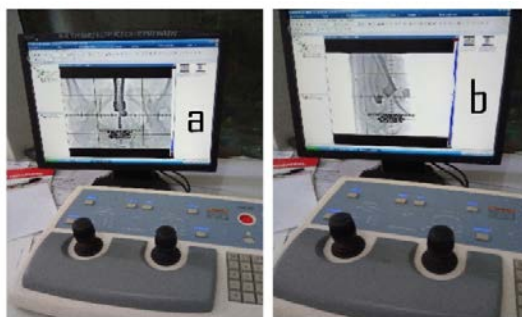


Figure 1: (a) AP image of the pelvis of a patient (b) LAT image of the pelvis of a patient

The Curietron LDR brachytherapy treatment machine has five channels where the ovoids (marked 'V') and tandem (marked 'U') connect. During treatment, only one channel of the "U" was selected and used depending upon the measured length of the tandem that protruded. It has been found that channel two was required to be used if the protruded tandem's measured length (L) is  $\leq 4$  cm. Alternatively, if the measured length of the protruded tandem was between 4 and 5 cm, then channel three was required to be used. If the

measured length of the protruded tandem was found to be >5 cm, then channel four was required to be used. This study used four source arrangements or channel combinations, namely 1-2-5, 1-3-5, 1-4-5, and 1-5. The channel 1-5 combination was used when the patient had undergone total or partial hysterectomy. After the various combinations, the Cs-137 radioactive sources in the brachytherapy system were called in (moved into treatment positions) from their respective storage locations. The time at which the sources were called from its safe was noted.

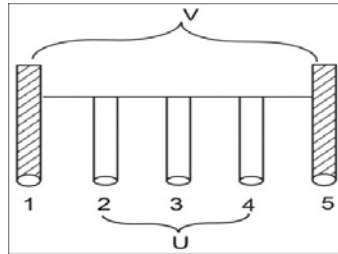


Figure 2: A schematic diagram of channel arrangement in AMRA-Curiatron intracavitary brachytherapy system

The treatment was planned using the AP and LAT images obtained. The outline shape of the ovoid (on the lateral image) was obtained, and the centre was located. The new diameters of the ovoid and tandem on the image were measured (I), with the original diameter of 20 mm and 6 mm for the ovoid and tandem, respectively. Equation 1 was used to estimate the magnification of the images (given tandem  $d_{tandem} = 6$  mm,  $d_{ovoid} 20$  mm).

$$\text{Magnification } (M) = \frac{\text{Image size}}{\text{Object size}} \quad 1$$

$$M_{tandem} = \frac{I}{6} \quad M_{ovoid} = \frac{I}{20} \quad 2$$

The average of the magnifications of ovoid and tandem was then estimated and taken as the magnification factor of the lateral image  $M_{lat}$ .

$$M_{lat} = \frac{M_{tandem} + M_{ovoid}}{2} \quad 3$$

The active source length (17.2 mm) was then multiplied by the image magnification, to obtain the active source length which was used for the treatment planning.

$$\text{source length}_{\text{apparent}} = M_{lat} \times 17.2 \text{ mm} \quad 4$$

The centre of the tandem was identified and the sources were allocated on it using a pair of vernier calipers including the interval between sources (given actual interval 3.1 mm).

$$\text{interval}_{\text{apparent}} = M_{lat} \times 3.1 \text{ mm} \quad 5$$

A perpendicular line was drawn through the last point of the line source. One active source length () was subtracted from ovoid length (apparent), then the

average was found. A vernier calliper was used to demarcate the points from both ends of the ovoid. The centre between two sources was noted, and a perpendicular line was drawn parallel to the perpendicular line drawn through the last point source. Point 'A' was located 2 cm above the intersection of the ovoid, and the perpendicular line passing through the centre of the source was located in the ovoid and traced adjacent to the tandem. Point 'B' was located 3 cm away from point A lateral to the tandem on the AP image. Both points 'A' and 'B' were located on the image as multiples of the image magnification.

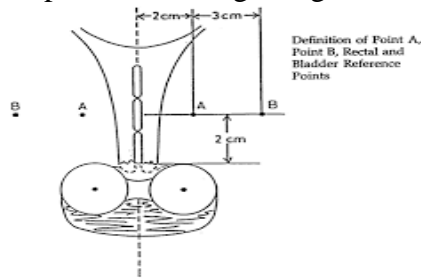


Figure 3: The position of dosage points A and B.

The LAT and AP X-ray images were digitized to generate a plan for treatment delivery. Beginning with the lateral, then to the AP, the points on the images were transferred unto the TPS. The absorbed dose to tissue/medium is given by,

$$D_{med} = D_{air} \left( \frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_{air}^{med} \quad 6$$

$$D_{med} = X \left( \frac{W_{air}}{e} \right) \left( \frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_{air}^{med} \quad 7$$

Where,  $\left( \frac{W_{air}}{e} \right) = \frac{33.97J}{C}$ ;  $\left( \frac{\mu_{en}}{\rho} \right)$  is the mass energy absorption coefficient, and X been exposure rate in the air. The mathematical equation for the treatment time is given as;

$$t = \frac{D}{\dot{D}} \quad 8$$

where D = Prescribed dose,  
 $\dot{D}$  = Dose rate of cesium-137  
 $D_{med}$  =absorbed dose to tissue/medium,  
 $D_{air}$  = absorbed dose in air,  
 $\mu_{en}$  = energy absorption coefficient,  
 $\rho$  = density of the medium

## Results

Variability in doses to points 'A', 'B', bladder, and rectum resulting from change or movement of applicators have been studied for forty (40) patients. Thirty-four (34) of the patients had their cervix present, while six (6) patients had undergone hysterectomy. The variations were studied in (a) difference in pre and post-treatment calculated doses and; (b) difference in prescribed and delivered doses.

The dose variations at point 'A' for 34 patients with their cervix present is shown in Figures 4, 5, and 6 below;

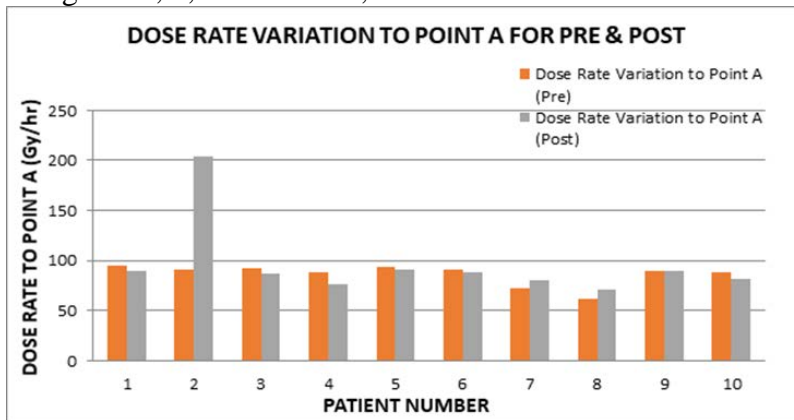


Figure 4: A bar chart of dose rate variation to point 'A' for pre & post-treatment for first 10 patients

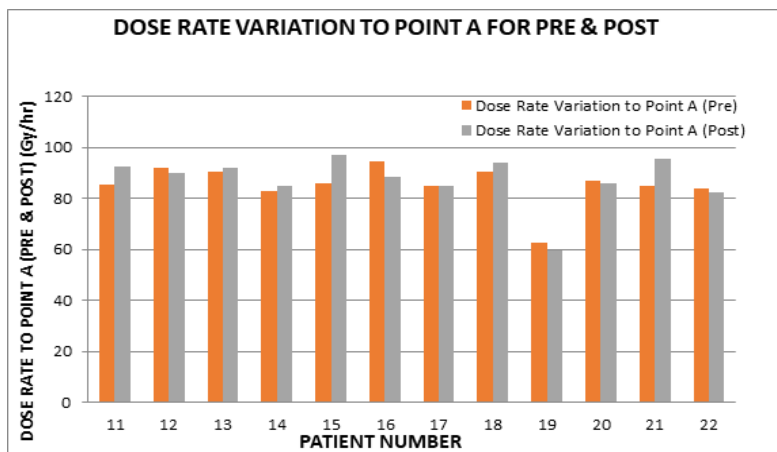


Figure 5: A bar chart of dose rate variation to point 'A' for pre & post-treatment for the next set of 12 patients

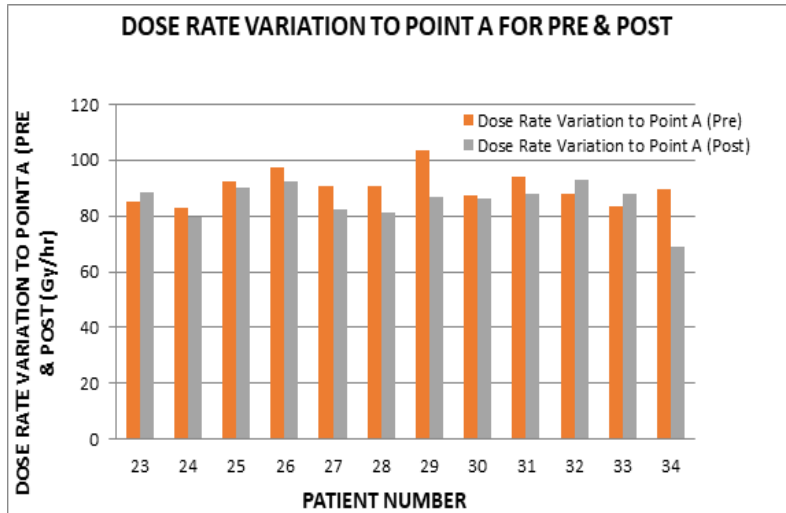


Figure 6: A bar chart of dose rate variation to point 'A' for pre & post-treatment for the last 12 patients

Figure 7 show the dose variation at point A for 6 patients who had undergone hysterectomy

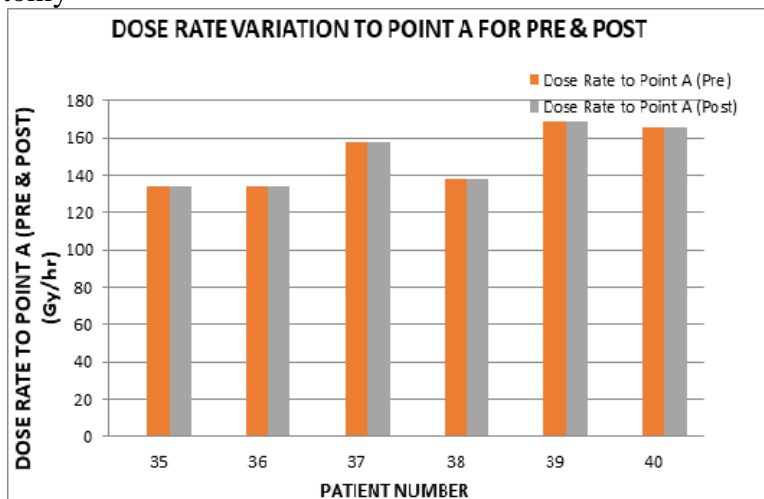


Figure 7: A bar chart of dose rate variation to point 'A' for pre & post-treatment for 6 hysterectomy patients

The dose prescribed and received for 40 patients are as below

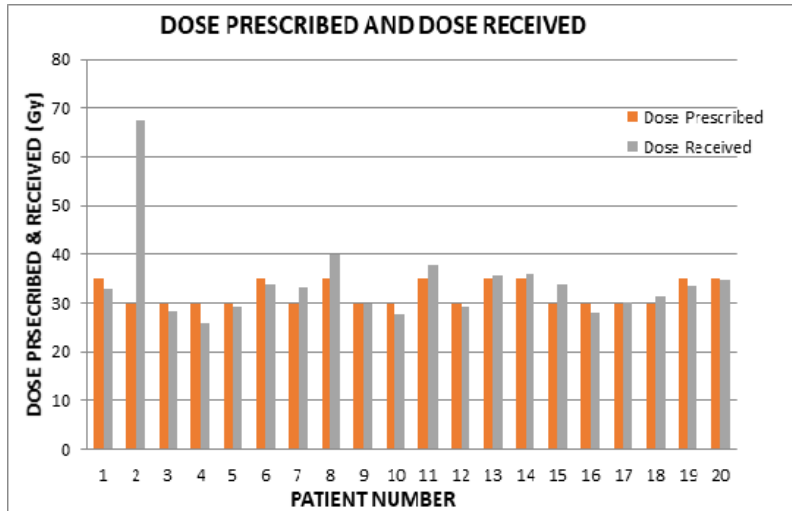


Figure 8: A bar chart of dose prescribed and received for the first 20 patients

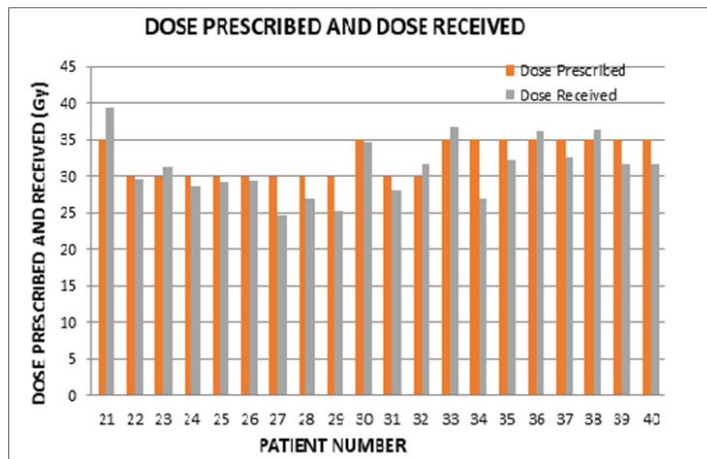


Figure 9: A bar chart of dose prescribed and received for the last 20 patients

Point 'B' is 5cm lateral from the midline at the same level as point 'A'. The dose variations at point 'B' for 34 patients with their cervix present is shown in Figures 10, 11, and 12;

Figure 10: A bar chart of dose rate variation to point 'B' for pre & post-treatment for first 10 patient

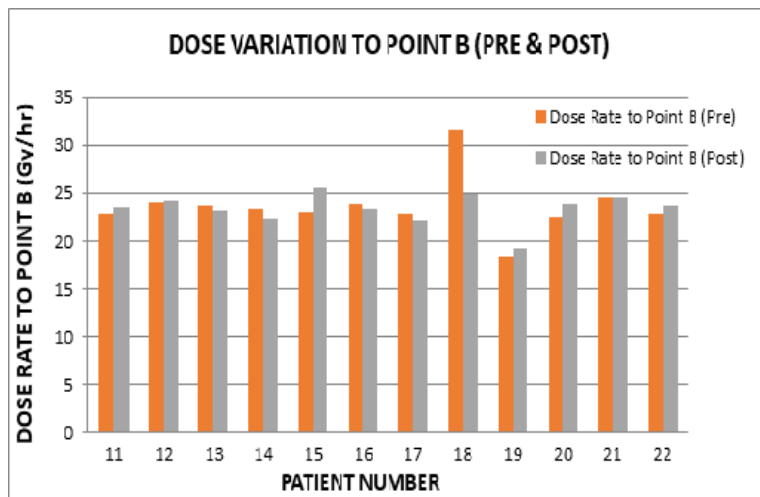
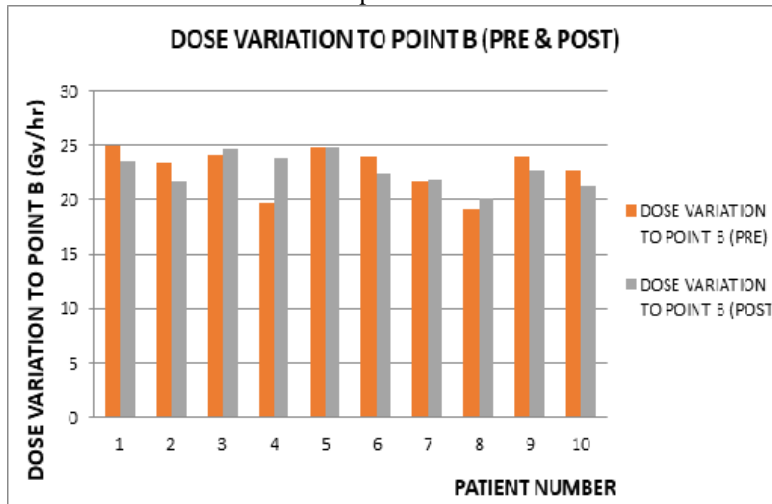


Figure 11: A bar chart of dose rate variation to point 'B' for pre & post-treatment for the next set of 12 patients



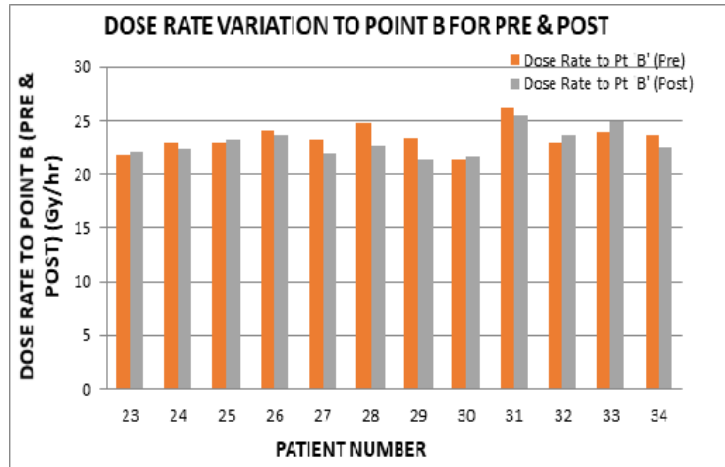


Figure 12: A bar chart of dose rate variation to point 'B' for pre & post-treatment for the last 12 patients

The dose variation for the Bladder and Rectum are as shown below in figure 13, 14, 15, and 16;

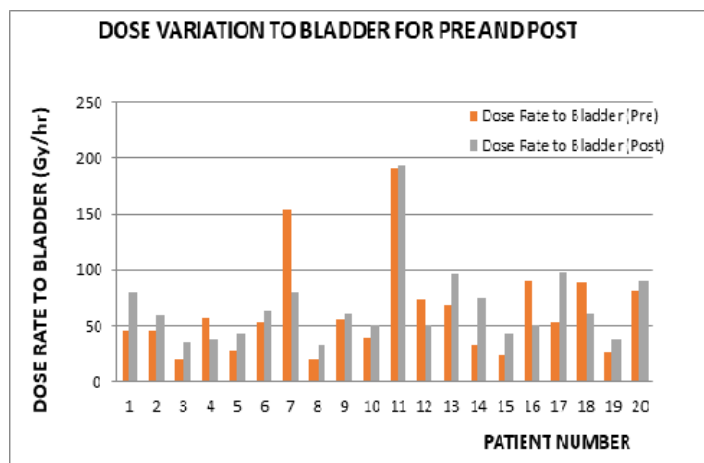


Figure 13: A bar chart of total dose received to the bladder for pre- & post treatment calculation for the first 20 patients

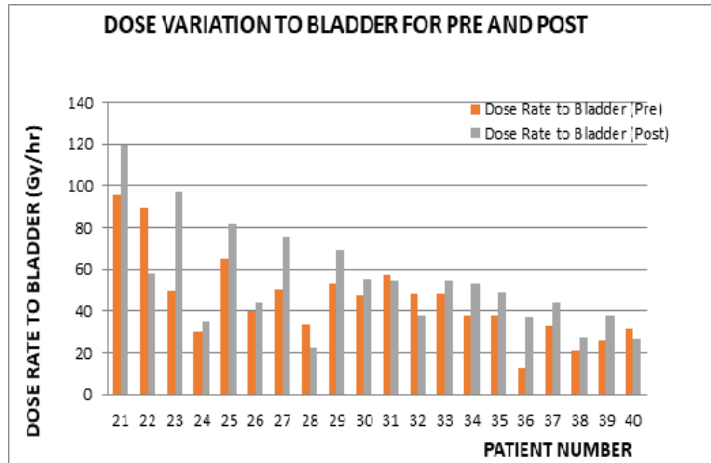


Figure 14: A bar chart of total dose received to the bladder for pre- & post-treatment calculation for the last 20 patients

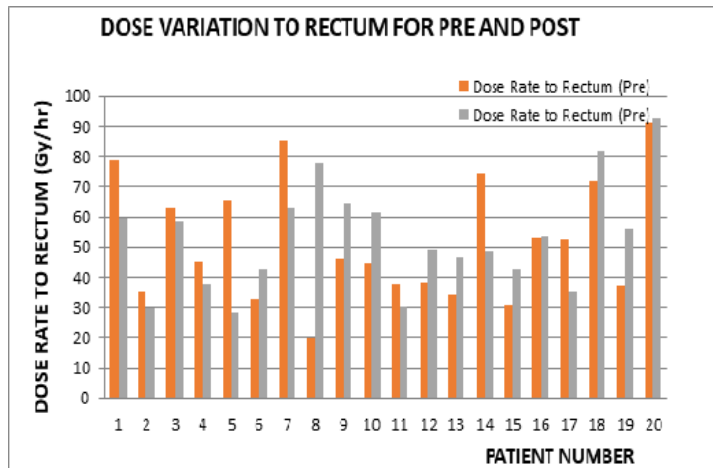
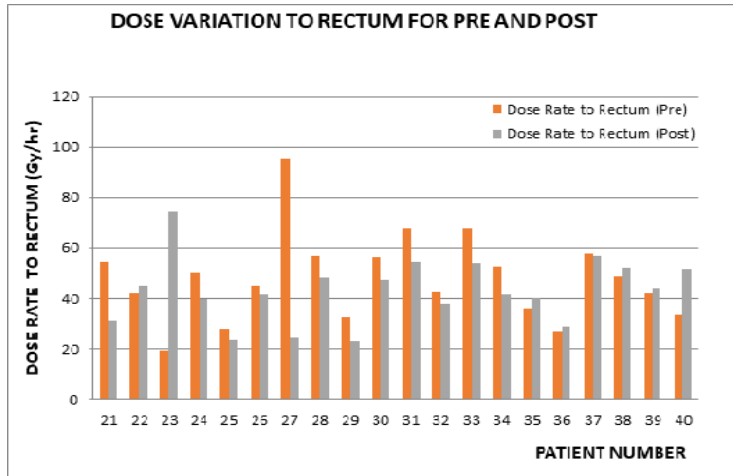


Figure 15: A bar chart of total dose received to the rectum for pre-and post-treatment calculation for the first 20 patients



**Figure 16:** A bar chart of the dose received to the rectum for pre-and post-treatment calculation for the last 20 patients

## Discussion

In low-dose-rate brachytherapy, clinicians prescribe doses to point 'A' since it is usually located within the tumour volume. Doses prescribed to point 'A' are usually 30 or 35Gy. The geometrical point 'A' often occurs in a high gradient region of the pear-shaped volume of isodose distribution, based on the anatomy of the patient's pelvic region in the geometrical arrangement of the radioactive source. The slightest change in position can result in significant differences in delivered dose. The minimum deviation between most of the pre-treatment calculated dose and post-treatment calculated dose for patients 2, 4, 7, 8, 15, 21, 29 and 34 showed large deviations of 125, 13, 11, 15, 13, 12, 16 and 23%, respectively. The deviations occurred due to loose packing of the applicators, patient transport from the simulation room to the brachytherapy room, and instability of patients during the treatment. Patient 2 showed an outrageous deviation, with more than 100% dose increment. It was observed that the tandem turned to the opposite direction, making it move closer to the point 'A', thereby doubling the dose received. Patient 19 also showed a sharp decline in both pre-and post-treatment calculated doses. This resulted from a short tandem used with only two source allocations, thereby reducing the dose rate to point 'A'. The dose rates to point 'A' for pre-and post-treatment calculated doses do not differ much (since the time taken for treatment is shorter) for the patients who had undergone total or partial hysterectomy. For hysterectomy patients, point 'A' was located in the middle of the vaginal ovoids within the source. Therefore, as the dose increases, the time also becomes shorter, resulting in less patient movement during treatment. Two patients (i.e. Patients 39 and 40) showed a 10% deviation which was the highest for the hysterectomy patients.

High variation between doses prescribed and delivered to point 'A' was not of much concern (i.e. when it does not lead to an underdose of the tumour) since it was delivered to the tumour and not to the organs at risk. This was not of much concern since further investigations of the same patient showed no alarming increase of the doses to the organs at risk. The total bladder dose for the same patient after treatment was 65.05 Gy, while that of the rectum was 69.55 Gy. QUANTEC dose limit for LDR BT for the bladder was 80 Gy, while that of the rectum was 75 Gy. Some patients also showed lesser delivered doses than prescribed which was also not of concern since it did not lead to underdosing of the tumour. The incident categories are near-misses, non-conformance and incidents. A near-miss category occurred when the error was detected after prescription and before dose delivery. Non-conformance errors occurred when the procedure varied from the standard practice. An incident error was considered when dose variation occurs and categorised into levels (minor, major and severe). Point 'B' does not rotate; hence minimal deviation was observed between the pre and post-treatment calculated doses. The dose rate was meagre compared with that of the critical organs. This was assessed to find out the difference in the lymph node area. Patients 15 and 18 showed very high deviations (12% and 21%, respectively). This deviation was attributed to the movement of the applicators due to loosening packing.

The bladder and rectum are the critical organs of interest during a cervical brachytherapy procedure. Particular interest was given to these organs to ensure that they do not exceed the acceptable limits of radiation exposure based on the volume of that organ receiving a particular dose. The American Brachytherapy Society (ABS) has given recommendations on the acceptable levels of radiation exposure to these organs at risk (Nag et al., 2004). The quantitative analysis of the average tissue effect in the clinics (QUANTEC) has set 80 Gy as the bladder tolerance dose for LDR brachytherapy (Viswanathan and Thomadsen, 2009). Patients 11 and 21 have their doses calculated for both pre- and post-treatment exceeding the bladder dose limit of QUANTEC. According to Sheybani et al. (2013), filling the bladder, packing with gauze, and the patient's anatomy can lead to increased doses to the bladder. This may explain why Patients 11 and 21 had both pre and post doses being high. Patients 7, 16, and 26 also had their pre-treatment calculated doses above the tolerance level, but their post-treatment calculated doses showed a reduction of the doses (lower than the tolerance level). Pre- and post-treatment images of the patient's treatment showed that the bladder had moved further away from the applicators, which in effect reduced the dose to the bladder.

On the contrary, Patients 17 and 23 had their pre-treatment calculated doses below the tolerance level. However, their post-treatment calculated doses increased the doses (higher than the tolerance level). Comparing the pre and post-treatment images of the patients showed that the bladder had moved

closer to the applicators, which increased the dose to the bladder. Average doses of 69.26Gy and 71.09Gy were obtained for the pre-and post-treatment with an average deviation of 2.32%.

The quantitative analysis of average tissue effect in the clinics (QUANTEC) has set 75Gy as the rectum tolerance dose for LDR brachytherapy (Viswanathan and Thomadsen, 2009). Patient 31 had the dose calculated for both pre and post-treatment, exceeding the rectum dose limit set by QUANTEC. According to Sheybani et al. (2013), filling the rectum with gauze and the patient's anatomy can lead to increased doses to the rectum, which may explain why Patient 31 had both pre and post doses been high. Patients 7, 14, 20, 27, and 33 also had their pre-treatment calculated doses above the tolerance level, but their post-treatment calculated doses showed a reduction of the doses (lower than the tolerance level). Comparing the pre-and post-treatment images of the patients showed that the rectum had moved further away from the applicators, which in effect reduced the dose to the rectum.

On the contrary, Patients 8, 18, 19, and 20 had their pre-treatment calculated doses below the tolerance level. However, their post-treatment calculated doses increased the doses (higher than the tolerance level). Comparing the pre and post-treatment images of the patients showed that the rectum had moved closer to the applicators, which in effect increased the dose to the rectum. An average dose of 67.02 Gy and 66.64 Gy were obtained for the pre-and post-treatment with an average deviation of 0.30%.

After treatment, patients must visit the clinic after the first week, monthly, quarterly, and annually to monitor their condition.

### **Limitations of the study**

This research was limited to developing a patient treatment record analytical platform embedded in an effective radiotherapy patient management system. Regarding data privacy, the study has already been cleared for exemption by the Kwame Nkrumah University of Science and Technology ethics committee and the Komfo Anokye Teaching Hospital's ethical board. The researchers took no particular notice of patient names on the various medical records collated for the study as the main focus was on dose analysis of patient treatment. Patient identities are duly hidden, and all clues that might trace back to the patient as an individual were cleaned from the data. Hence their identities do not appear in any report or publication of this research.

### **Conclusion**

Applicator displacement, such as the tandem and ovoids, can substantially influence patient dosimetry and, therefore, the learning process. The geometric relationships between intracavitary brachytherapy applicators

and the critical structures differ significantly during the brachytherapy LDR procedure. Source movement results in considerable dose alterations to the critical organs, generating an increased rate of complications that can influence the cure rates. The disparity in dose to point 'A' was found to be 1.16 % which is very laudable compared to other studies that established dose variations of 2, 35, 8, and 20% (Corn et al., 1993). This wide range is because the studies were performed with radium, iridium, and caesium sources. Variation in dose at point 'B' in this work was 0.75%, while (Corn et al., 1993) showed this variation to be 1.7%. As per the guidelines, there was only one rectal point chosen by most researchers, but in this study, three rectal and bladder points were respectively used to assess rectal and bladder mobility. Studies done by Corn and Pham have found dose dissimilarities in the rectum and bladder of 3 and 10%, respectively (Corn et al., 1993); (Pham et al., 1998). This study found average variations of 2.32 and 0.30% for the bladder and rectum, respectively. The variation found between prescribed and deposited doses was 2.11% for quality assurance purposes. It can be concluded that the findings are within an acceptable range. Hence, the practice at KATH meets international standards. When safety-critical applications are being operated, incident reporting systems are employed for many reasons. Evidence shows that event reports help determine why accidents do not even happen in the first place. Incident reporting forms often identify the obstacles that prevent bad events from turning into significant mishaps. These observations are pretty valuable. To ensure the future advantages of those precautions, analysts can use them to identify areas where extra support is required. An increase in events provides deeper insight into the proportional amounts of human "error", system failure, regulatory weakness, et cetera. It is recommended that HDR brachytherapy should be considered due to advantages such as short treatment time and dose optimisation of normal tissues over the LDR BT.

### **Acknowledgement**

The authors are much grateful to the Komfo Anokye Teaching Hospital staff for their cooperation and support to perform this research.

### **References:**

1. Adams, A. R., Nortey, P. A., Dorte, B. A., Asmah, R. H., & Wiredu, E. K. (2019). Cervical Human Papillomavirus Prevalence, Genotypes, and Associated Risk Factors among Female Sex Workers in Greater Accra, Ghana. *Journal of Oncology*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8062176>
2. Adewole, I.F., Benedet, J.L., Crain, B.T. & Follen, M.2005. *Evolving a strategic approach to cervical cancer control in Africa*. Gynecologic Oncology 99, S209-S212.

3. Chaffer C. L., Weinberg R. A. (2011): A perspective on cancer cell metastasis. *Science*; 331: 1559-1564.
4. Corn W, Galvin D, Soffen M et al. Positional stability of sources during LDR brachytherapy for cervical carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1993; 26: 513-518.
5. Denny, L. 2010. Cervical cancer in South Africa: An overview of current status and prevention strategies. *CME* Feb. 28(2):70-73.
6. Domfeh A. B., Wiredu E. K., Adjei A. A., Ayeh-Kumi P. F. K., Adiku T. K., Tettey Y., Gyasi R. K. and Armah H. B. 2008 Cervical Human Papillomavirus Infection in Accra, Ghana. *Ghana Medical Journal* Volume 42, Number 2, pp 72 – 78
7. Hanahan D. & Weinberg R. (2001). The hallmarks of cancer. *Cell* ;100: 57-70.
8. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS. *To Err Is Human: Building a Safer Health System*, Vol. 627. Washington, D. C.: National Academies Press; 2000.
9. Koushik K., Bilimagga R., Rao N., Janaki M.G., Ponni A., Rajeev A.G. (2010) Positional variation of applicators during low dose rate intracavitary brachytherapy for cervical cancer: a prospective study. *Journal Contemporary Brachytherapy* 2010; 2, 3: 93-97 DOI: 10.5114/jcb.2010.16919
10. Leaver, D. & Labonte, G. 2010. HPV and cervical cancer. *Radiation therapist*, 19(1):27-44
- Leedy, P. D. & Ormrod, J. E. 2005. *Practical research planning & design*, 8th ed. New Jersey: Pearson.
11. Ljunggren A, Swyman D, Herby L et al. (1987) An assessment of calculated doses in intracavitary gynecological radiotherapy. *Med Dosim*; 12: 15-17
12. Makin, M.S. & Kamanu, C.I. 2010. Prevention and treatment of cervical cancer in Africa II *Surgery in Africa-Monthly Review*.
13. Nag, S., Cardenas, H., Chang, S., Das, I. J., Erickson, B., Ibbott, G. S., Varia, M. (2004). Proposed guidelines for image-based intracavitary brachytherapy for cervical carcinoma: report from Image-Guided Brachytherapy Working Group. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 60(4), 1160-1172.
14. Parkin D.M., Ferlay J., Hamdi-Cherif M., Sitas F., Thomas J.O., Wabinga H. and Whelan S.L. *Cancer in Africa: Epidemiology and Prevention*. 4.3 Cervix Cancer. IARC Scientific Publications 2003; No 153: Lyon: IARC Press, pp 268–276.

15. Pham T, Chen Y, Rouby E et al. Changes in HDR tandem and ovoid applicator positions during treatment in an unfixed brachytherapy system. *Radiology* 1998; 206: 525-531.
16. Pollack LA, Rowland JH, Crammer C, Stefanek M: Introduction: charting the landscape of cancer survivors' health-related outcomes and care. *Cancer* 2009; 115: 4265-4269.
17. Sheybani A., Tennapel M. J., Sun W., Kim Y., Rockey W. M. (2013) *Dose-Volume Effect of Bladder and Rectal Filling during Intracavitary High-Dose-Rate Brachytherapy*. *Brachytherapy* 12: S11-S77
18. Viswanathan, A.N. & Thomadsen, B. Undated. (2009) *American Brachytherapy Society (ABS) cervicalcancer task group*. Reviewed by: Erickson, B. Gaffney, D. Small, W. & Hsu, I.
19. WHO (World Health Organization). 2012. “*Prevention of Cervical Cancer through Screening and Using Visual Inspection with Acetic Acid (VIA) and Treatment with Cryotherapy*.” WHO, Geneva.
20. WHO, 2008. *World cancer report 2008*. Geneva: Published by the International Agency for Research on Cancer. World Health Organization (WHO). Available: <http://www.iarc.fr/en/publications/pdfs-online/wrc/2008/index.pdf>. [4/05/2010]
21. WHO, 2020 Report on cancer: setting priorities, investing wisely and providing care for all. Geneva: World Health Organization (WHO). Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.





## Consumo De Alcohol Y Tabaco Y Estilos De Vida En Trabajadores Industriale

**Blanca Guadalupe Díaz Jiménez (Pasante de Enfermería en Servicio Social)**

Universidad Autónoma de Querétaro/Facultad de Enfermería, México  
**Nancy Paola Ortíz Sánchez (Pasante de Enfermería en Servicio Social)**

Universidad Autónoma de Querétaro/Facultad de Enfermería, México  
**María Guadalupe Celestino Hernández (Pasante de Enfermería en Servicio Social)**

Universidad Autónoma de Querétaro/Facultad de Enfermería, México  
**Sarket Gizah Juárez Nilo (Licenciada en Enfermería, Especialista en Salud Pública)**

Universidad Autónoma de Querétaro/Facultad de Enfermería, México  
**Adriana Martínez Díaz (Maestra en Ciencias de la Nutrición)**

Universidad Autónoma de Querétaro/Facultad de Enfermería, México  
**René Rico Sánchez (Maestro en Ciencias de Enfermería)**

Universidad Autónoma de Querétaro/Facultad de Enfermería, México  
**Elizabeth Montoya Guardiola (Médico General)**

Kellogg de México/Servicio Médico, Querétaro, México  
**Nancy Viridiana Ruiz Vargas (Licenciada en Enfermería)**

Kellogg de México/Servicio Médico, Querétaro, México  
**Ruth Magdalena Gallegos-Torres (Doctora en Ciencias de la Salud)**  
Universidad Autónoma de Querétaro/Facultad de Enfermería, México

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p67](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p67)

Submitted: 31 October 2021

Accepted: 19 November 2021

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Jiménez D.G.B., Sánchez O.P.N., Hernández C.G.M., Nilo J.G.S., Díaz A.M., Sánchez R.R., Guardiola E.M., Vargas N.V.R., & Gallegos-Torres R.M, (2022). *Consumo De Alcohol Y Tabaco Y Estilos De Vida En Trabajadores Industriale* European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p67>

### Resumen

**Introducción:** En México, escasos son los estudios que abordan aspectos vinculados con la salud del trabajador de la industria.

**Objetivo:** Determinar el consumo de alcohol, tabaco, bebidas energizantes y estilos de vida en trabajadores de una industria del sector de los alimentos.

**Metodología:** Estudio transversal, descriptivo, realizado en 270 trabajadores elegidos por muestreo aleatorio simple, de una población de 680. Al total de la muestra se le aplicó cédula de datos sociolaborales, cuestionario “Caracterización del consumo de bebidas energizantes en trabajadores del sector industrial alimentario” y Cuestionario PEPS-I de Nola Pender que evalúa Perfil de Estilo de Vida. A 370 trabajadores se les aplicaron los Test AUDIT y Fageström. El proyecto fue evaluado y aprobado por un Comité de Investigación y un Comité de Bioética. La investigación recibió financiamiento del programa FOPER de la UAQ. Los datos se analizaron en el programa SPSS v.20, obteniendo frecuencias, promedios y moda.

**Resultados:** De los 270 trabajadores iniciales, se obtuvo que el 60.7% es varón. Las edades van desde los 20 a los 60 años. Consumen bebidas energizantes el 23.7% de los participantes; 21.8% y 35% de los trabajadores tienen un estilo de vida muy saludable y saludable y 40.7% poco saludable. 86.2% tiene un consumo riesgoso de alcohol.

**Conclusión:** Se aprecian múltiples áreas de oportunidad en los trabajadores. Valdría la pena volver a hacer el levantamiento de los datos ya que la información se obtuvo 3 meses previo a la pandemia, lo que permitiría determinar si existieron alteraciones en estas áreas para mejora o perjuicio.

---

**Palabras clave:** Consumo de bebidas alcohólicas, fumar tabaco, estilo de vida, salud laboral

## **Alcohol Consumption, Tobacco Consumption, And The Life Style Of Industry Workers**

***Blanca Guadalupe Díaz Jiménez (Pasante de Enfermería en Servicio Social)***

Universidad Autónoma de Querétaro/Facultad de Enfermería, México

***Nancy Paola Ortiz Sánchez (Pasante de Enfermería en Servicio Social)***

Universidad Autónoma de Querétaro/Facultad de Enfermería, México

***María Guadalupe Celestino Hernández (Pasante de Enfermería en Servicio Social)***

Universidad Autónoma de Querétaro/Facultad de Enfermería, México

***Sarket Gizel Juárez Nilo (Licenciada en Enfermería, Especialista en Salud Pública)***

Universidad Autónoma de Querétaro/Facultad de Enfermería, México

***Adriana Martínez Díaz (Maestra en Ciencias de la Nutrición)***

Universidad Autónoma de Querétaro/Facultad de Enfermería, México

***René Rico Sánchez (Maestro en Ciencias de Enfermería)***

Universidad Autónoma de Querétaro/Facultad de Enfermería, México

***Elizabeth Montoya Guardiola (Médico General)***

Kellogg de México/Servicio Médico, Querétaro, México

***Nancy Viridiana Ruiz Vargas (Licenciada en Enfermería)***

Kellogg de México/Servicio Médico, Querétaro, México

***Ruth Magdalena Gallegos-Torres (Doctora en Ciencias de la Salud)***

Universidad Autónoma de Querétaro/Facultad de Enfermería, México.

---

### **Abstract**

**Introduction:** In Mexico, there are few studies that address aspects related to the health of industry workers.

**Objective:** This paper focuses on determining the consumption of alcohol, tobacco, energized drinks, and the life style of industry workers within the food sector.

**Methodology:** A cross-sectional descriptive study was carried out and 270 workers were selected from a population of 680 through the simple random sampling technique. A socio-labor data card was utilized and Nola PEPS-I questionnaire on “Characterization of the Consumption of Energy Drinks by Workers of the Food Industry”, which evaluates Lifestyle Profile, was administered. 370 workers participated in the AUDIT test and the Fageström test. The project was evaluated and approved by a Research Committee and a Bioethics Committee. The research received funds from the UAQ FOPER program. Data was analyzed in the SPSS v.20 program in order to obtain frequencies, averages, and mode.

**Results:** The results of the study reveal that 60.7% of the sample size were males within the age range of 20 to 60 years. It was found also that 23.7% of the workers consume energy drinks, 21.8% and 35% of the workers have a very healthy lifestyle, 40.7% have an unhealthy lifestyle, and 86.2% have a risky alcohol consumption.

**Conclusion:** This research was carried out in many areas which availed the opportunity to interact and work with the participants. It is recommended that the data collection be replicated since the information was obtained three months before the pandemic. This will help to determine areas that are affected or require improvement.

---

**Keywords:** Alcohol Drinking, Tobacco Smoking, Occupational Health, Life Style

## Introducción

La salud de los trabajadores es primordial para asegurar no sólo la calidad de un producto o servicio, esta impacta en un adecuado desempeño en el lugar de trabajo y en que el sujeto se desarrolle de la mejor manera posible a múltiples niveles.

Ya lo afirma Vega, cuando menciona que no es posible imaginar la realización de cualquier actividad laboral sin la presencia de salud; sin embargo, de la misma manera afirma que, aunque trabajar es una necesidad, también puede ser una fuente de estrés que puede llevar a la salud más allá de límites conocidos (Vega Ruíz, 2020).

Parte de la finalidad de la salud en el trabajo es promover y mantener el más alto bienestar físico de los trabajadores, incluyendo el bienestar mental y social. Por ello, la relevancia de la salud del trabajador, el cual es parte del indicador de desarrollo de un país (Gómez, 2007).

En este sentido, múltiples pueden ser los elementos a valorar en un trabajador, de los cuales existe la posibilidad de que influyan directa o indirectamente en el impacto en su vida dentro y fuera del trabajo. Al respecto, en esta investigación se consideraron: consumo de sustancias legales como alcohol y tabaco, consumo de bebidas energizantes, así como los estilos de vida.

Existen muy pocos estudios sobre el consumo de sustancias legales en los trabajadores industriales en México. La situación de drogas en el país, tanto en su vertiente de oferta como de demanda, se encuentra estrechamente ligada a las condiciones económicas, culturales, sociales e históricas que han prevalecido en las últimas décadas. Un análisis completo de este complejo fenómeno sería completamente parcial, si no se considera el contexto en que

ocurren y transcurre la vida institucional y cotidiana (Comisión Nacional contra las Adicciones, 2019).

El consumo de drogas lícitas constituye un problema de Salud Pública cuyos efectos sobre el desarrollo y la seguridad son graves, motivo por el cual es considerado de gran trascendencia social, ya que abarca dimensiones muy amplias y complejas e impacta desfavorablemente en la salud y calidad de vida. Es un factor de riesgo para la salud en todo el mundo, ya que provoca un mayor riesgo de contraer enfermedades y muerte por suicidio o sobredosis, además de altas probabilidades de desarrollo de todo tipo de desórdenes mentales. Sus consecuencias van mucho más allá del usuario, afectando a su familia y a otras relaciones personales (Centurión-Viveros & Rodríguez-Riveros, 2017).

En el ámbito laboral, el consumo de alcohol implica un alto riesgo, ya que puede afectar negativamente los espacios laborales, disminuir el rendimiento laboral, incrementar el ausentismo, favorecer las incapacidades por enfermedad, así como ser un factor coadyuvante en la manifestación de accidentes en el área de trabajo (Cruz Zuñiga et al., 2021).

Los patrones de consumo de sustancias lícitas, así como de bebidas energizantes se ven reflejados en los estilos de vida desfavorables, que implican comportamientos y creencias que desarrolla la persona con relación a su actuar con la sociedad (Ghanei et al., 2016).

El estilo de vida hace referencia al modo de vida de un individuo o grupo poblacional en el que influyen tanto las características personales y patrones de comportamiento individuales como las condiciones de vida en general y los aspectos socioculturales. Los estilos de vida saludables son considerados como un conjunto de hábitos, comportamientos y conductas que llevan a los individuos a alcanzar un nivel de bienestar y satisfacción plena de sus necesidades en la vida; por el contrario, los estilos de vida no saludables están relacionados con comportamientos que generan efectos negativos para la salud (Ghanei et al., 2016).

Con respecto a los estilos de vida, en un estudio realizado en Chile, con 151 trabajadores de una empresa, se consideraron aspectos no detallados de esta variable. Dentro de los principales resultados se encontró que los trabajadores consideraban sus estilos de vida como regulares y buenos, aunque resaltó el hecho de que la percepción de la alimentación en el trabajo era regular, además de que frecuentemente se sentían nerviosos o estresados (Martínez-Angulo et al., 2020).

En este sentido, se considera el uso de drogas lícitas como un factor de riesgo que afecta no sólo al trabajador, sino al ambiente que lo rodea. Dentro de las drogas legales se tiene el alcohol, tabaco y se agrega a las bebidas energizantes, por lo que conocer los efectos nocivos a corto y a largo plazo, así como la prevalencia de consumo, representa un punto esencial para

intervenir en ello, sobre todo porque forman parte de un estilo de vida que puede ser modificable.

Las bebidas energizantes o bebidas energéticas representan un conjunto de productos que desde hace algunos años se comercializan libremente en muchos países. Su irrupción en el mercado está influenciada por intensas campañas publicitarias que las definen como bebidas refrescantes creadas para incrementar la resistencia física, proporcionar sensación de bienestar y estimular el metabolismo, capaces de suministrar un elevado nivel de energía proveniente de una combinación de ingredientes adicionados por sus posibles efectos estimulantes. Contienen una mezcla de compuestos que incluyen la cafeína, glucuronolactona y vitaminas. Algunas atribuyen sus propiedades estimulantes a aminoácidos como la taurina o a su contenido en extractos de hierbas como el ginseng o el guaraná, y en algunos casos se agregan minerales, inositol y carnitina (Manrique et al., 2018).

Así, el objetivo de este estudio fue describir el consumo de alcohol, tabaco, bebidas energizantes y los estilos de vida presentes en los trabajadores de una industria de los alimentos, de la ciudad de Santiago de Querétaro, estado de Querétaro, en México.

## **Metodología**

Estudio transversal, descriptivo realizado en una empresa de alimentos de la ciudad de Querétaro, México; cuenta con un total de 680 trabajadores operarios, de los cuales se obtuvo la población sujeta a estudio. Con base en el cálculo de la muestra, usando la fórmula de las poblaciones finitas, con un 95% de confianza y 5% de error, se determinó que eran necesarios 245 trabajadores en los que se aplicaron los instrumentos.

Se consideró a personal de los turnos matutino y vespertino. Es importante señalar que, por disposición de la empresa, por su interés de monitorear el estado de salud (algo que se hace constantemente), todos los trabajadores requerían ser valorados. Se trabajó con hombres y mujeres mayores de 18 años.

No se tomaron en cuenta a personas con incapacidad médica o que se encontraran en periodo vacacional. Se eliminaron instrumentos que no fueron contestados al 100% o con errores en su llenado.

Se llevó a cabo muestreo de tipo aleatorio simple, a partir de los listados de los trabajadores que fueron otorgados por el personal de la institución. Las herramientas para la recolección de datos que fueron utilizadas fueron las siguientes.

Cuestionario denominado “Caracterización del consumo de bebidas energizantes en trabajadores del sector industrial alimentario”. Dicho documento fue elaborado tomando como referencia el trabajo de una tesis de licenciatura de la ciudad de Bogotá, Colombia (Hurtado Duque, 2015). El

cuestionario original constaba de 18 preguntas. La versión final quedó integrada en 22 ítems. Se realizó un ajuste en el formato del documento y el planteamiento de las preguntas. Se inició con una pregunta filtro para que la persona señalara si en el último año había bebido alguna bebida energizante; de obtenerse una respuesta negativa, el cuestionario debía entregarse a los encuestadores. Dicho documento fue sometido a validación por 6 expertos en el área de la salud, nutrición y en el uso de bebidas energizantes; así mismo, fue revisado por los responsables del área de salud de la empresa.

Cuestionario PEPS-I de Nola Pender, que evalúa el Perfil de Estilo de Vida de la persona (Pender, 1996). Consta de 48 ítems que abordan 6 dimensiones: nutrición, ejercicio, responsabilidad en salud, manejo del estrés, soporte interpersonal y auto actualización. Cuenta con opciones de respuesta en escala tipo Likert que va de nunca a rutinariamente.

De la misma manera, a cada trabajador se le aplicó una cédula de datos socio laborales que incluía: nombre (por motivo de seguimiento de cada trabajador); sexo, estado civil, puesto de trabajo, departamento de trabajo, turno, tipo de contrato, antigüedad laboral.

El personal médico de la empresa, con base en las necesidades de la misma, llevó a cabo la aplicación de los test para determinar consumo de alcohol y tabaco mediante una dinámica distinta, los cuales fueron respondidos por 370 trabajadores (del universo de trabajadores), elegidos por conveniencia. A continuación se describen las características de estas pruebas.

Test AUDIT, Test de Identificación de los Trastornos Debidos al Consumo de Alcohol (Babor et al., 2001), desarrollado por la Organización Mundial de la Salud para reconocer personas con un patrón de riesgo o perjudicial de alcohol. Posee tres dominios: consumo de riesgo de alcohol, síntomas de dependencia y consumo perjudicial de alcohol. Consta de 10 preguntas de opción múltiple.

Test de Fagerstrom. Consta de 6 preguntas y valora la dependencia a la nicotina (Test de Fageström, n.d.).

El proyecto fue evaluado y aprobado por el Sub-comité de Investigación de la Facultad de Enfermería de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se tramitó el permiso correspondiente con el departamento médico de la empresa y posteriormente se llevó a cabo la prueba piloto de las herramientas de recolección de datos, con un aproximado de 24 trabajadores del turno nocturno, los cuales representan un 10% del total de la muestra, así como la recolección definitiva de los mismos, en la cual se consideró el listado de trabajadores.

Tanto en la prueba piloto como en la recolección definitiva, se tomaron los nombres de los trabajadores, lo cual descartó la posibilidad de considerar a las mismas personas de un momento u otro. Dichos procesos se llevaron a cabo entre los meses de agosto y diciembre de 2019.



Se elaboró una base de datos en el programa SPSS v. 20, para proceder con el análisis de la información, del cual se obtuvieron frecuencias, promedios y moda.

La investigación se fundamentó en los artículos 3º, 13º y 58º, publicados en la Ley General de Salud en Materia de Investigación en Seres Humanos, la declaración de Helsinki y el Código de Nuremberg, así como el consentimiento informado que se entregó a cada participante.

## **Resultados**

### Datos sociodemográficos

Se presentan los resultados más relevantes de 270 trabajadores, de los cuales, 60.7% era varón y 39.3% mujer. El rango de edad va desde los 20 años a los 60 años, siendo la moda 30 años. 57.4% se encuentra casado y 25.2% soltero. Son trabajadores operarios el 38.9%, 29.6% empacador y 20% ayudante general. La antigüedad laboral iba de los 10 meses a los 41 años, siendo la moda 10 y 22 años.

Con respecto al Índice de Masa Corporal, los resultados se aprecian en la Gráfica 1.

### Consumo de bebidas energizantes

23.7% de los trabajadores refirió el hábito de beberlas, donde 11.5% tuvieron predilección por una marca en particular. Con relación a la frecuencia del consumo, 13.7% indicaron hacerlo una vez al mes y 4.1% varias veces en el mes.

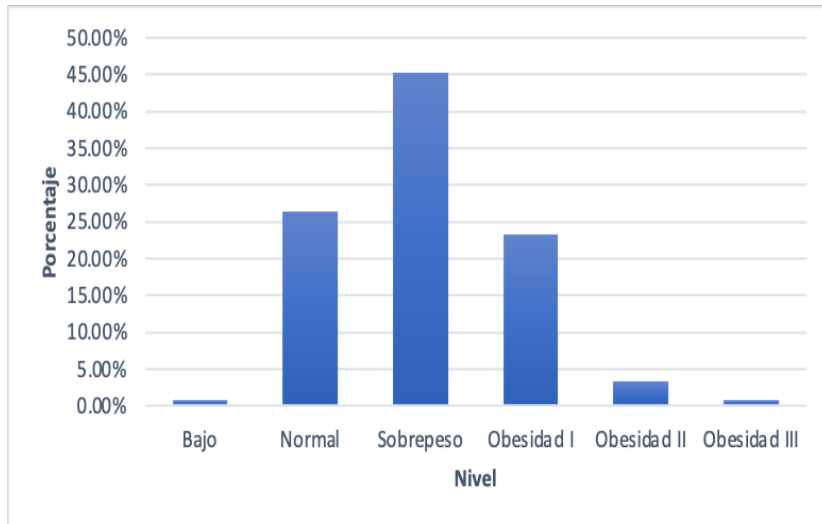
Los motivos señalados para el consumo de dichas bebidas fueron variados, resaltando, con el mismo porcentaje (4.8%), porque da energía y quita el sueño. Indican no combinar la bebida energizante con otro elemento el 13.3%; lo hacen con alcohol, el 1.5%.

### Estilos de vida

El resultado global de los estilos de vida de los trabajadores se puede apreciar en la Gráfica 2. Dentro de los datos que llaman la atención en este aspecto, se encontró que, de manera rutinaria, el 33.3% consume un medicamento, 38.3% a veces señala al médico algún síntoma extraño que presente, 40.2% a veces realiza ejercicios para relajarse, 40.4% a veces realiza ejercicio vigoroso por 20-30 minutos al menos 3 veces a la semana y 42.5% a veces pide información a los profesionales para cuidar su salud, entre otros.

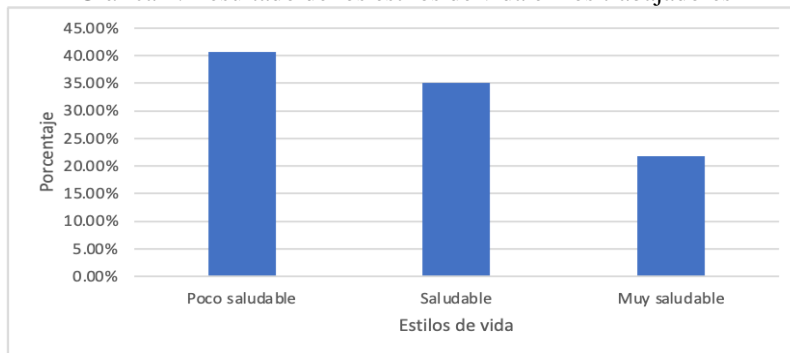
Gráfica 1. Índice de Masa Corporal de los trabajadores





Fuente: Valoración médica durante el levantamiento de datos

Gráfica 2. Resultado de los estilos de vida en los trabajadores

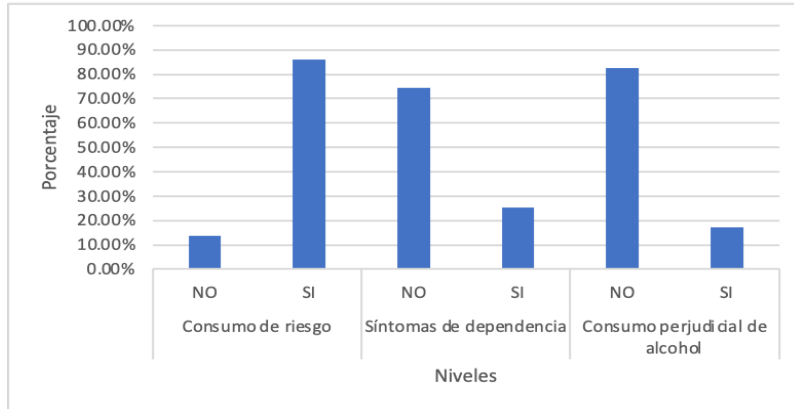


Fuente: Cuestionario PEPS-I, 2019.

### Consumo de alcohol y tabaco.

Con relación a la aplicación del Test Audit, los hallazgos se muestran en la Gráfica 3. Sobre el consumo de tabaco y su posible dependencia, 88.9% de los trabajadores señalaron no fumar y sí lo hacen el 11.1%, donde, de estos últimos, sólo una persona denota una dependencia muy alta al consumo

Gráfica 3. Resultados del Test Audit, en los trabajadores de la industria



Fuente: Test Audit, 2019.

## Discusión

Como se mencionó con anterioridad, son escasos los estudios llevados a cabo en México o en América Latina, sobre las variables abordadas en esta investigación, en trabajadores de la industria.

En esta investigación, los valores de IMC reportados en los trabajadores muestran una alta prevalencia hacia el exceso de peso, teniendo más del 70% con sobrepeso y obesidad y 27% con peso normal. Estos datos son ligeramente menores a lo reportado en el estudio de Salazar y colaboradores (Salazar-Estrada et al., 2016), quienes encontraron que, de una muestra de 134 varones y 258 mujeres de una industria manufacturera, 320 de ellos se encontraban en sobrepeso y obesidad y sólo 72 en peso normal, es decir, 81.6% y 18.3% respectivamente.

Sobre el consumo de bebidas energizantes, no hay estudios recientes, en población latina, que hagan referencia a su consumo y motivos para llevarlo a cabo. En apariencia, la ingesta de estos productos no es elevada, sin embargo, se conoce de manera empírica que cada vez más es una práctica habitual en los trabajadores de las diversas empresas, por el hecho de que muchos de ellos cuentan con más de 1 trabajo y se apoyan en él para conservar “energía”.

El mismo fenómeno de la falta de investigaciones similares ocurre con la variable de estilos de vida. Se han realizado múltiples estudios en docentes, estudiantes, en personas con ciertas patologías, entre otras, más no así en trabajadores de la industria, que no sean tesis de licenciatura.

Los resultados de esta investigación reflejaron la necesidad de reforzar la educación en la población laboral, con respecto a las dimensiones de la calidad de vida contempladas en el Peps-I, que fueron nutrición, ejercicio, responsabilidad en salud, manejo de estrés, soporte interpersonal y auto actualización.

## Conclusión

Esta investigación, como ya se señaló con anterioridad, tuvo el levantamiento de datos meses previos a la pandemia, por lo que existe la inquietud de si los resultados se mantienen o si tuvieron variaciones. Es un hecho de que parte de la muestra falleció, ya que la empresa no estuvo exenta al fenómeno de salud causado por el Covid-19.

Podría decirse que es obvio que sí hay diferencias en cada una de las variables abordadas, sin embargo, hasta no realizar un nuevo estudio, no se puede aseverar esta hipótesis.

Este estudio se planteó por el hecho de que los directivos de salud que le empresa donde se trabajó, desean cuidar la salud del trabajador, interés que continúa hasta el momento, ahora que ya una vacuna está en puerta y en apariencia, empieza a haber una disminución en el número de casos por Covid-19.

Se logró el objetivo planteado en el estudio, de obtener un panorama general de las variables estudiadas, de manera tal que con ellas se pueden tomar las medidas necesarias para incidir directa o indirectamente en la salud de los trabajadores.

## References:

1. Babor, T. F., Higgins-Biddle, J. C., Saunders, J. B., & Monteiro, M. G. (2001). Manual AUDIT. In *Organización Mundial de la Salud*. [https://www.who.int/substance\\_abuse/activities/en/AUDITmanualSpanish.pdf](https://www.who.int/substance_abuse/activities/en/AUDITmanualSpanish.pdf)
2. Centurión-Viveros, C. C. & Rodríguez-Riveros, M. I. (2017). Conocimiento y consumo de drogas ilegales en estudiantes de un colegio público. *Memorias Del Instituto de Investigaciones En Ciencias de La Salud*, 15(2), 14–20. [https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2017.015\(02\)14-020](https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2017.015(02)14-020)
3. Comisión Nacional contra las Adicciones (2019). Informe sobre la Situación del Consumo de Drogas en México 1. In *Secretaría de Salud y Comisión Nacional contra las Adicciones*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/477564/Informe\\_sobre\\_la\\_situacion\\_de\\_las\\_drogas\\_en\\_Mexico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/477564/Informe_sobre_la_situacion_de_las_drogas_en_Mexico.pdf)
4. Cruz Zuñiga, N., Alonso Castillo, M. M., Armendáriz García, N. A., Oliva Rodríguez, N. N., & Lima Rodríguez, J. (2021). Clima laboral e incertidumbre y su relación con el consumo de alcohol en trabajadores de la industria maquiladora. *Tempus Psicológico*, 4(2), 68–81. <https://revistasum.umanizales.edu.co/ojs/index.php/tempuspsi/article/view/4130>
5. Ghanei, M., Ahmady, K., Babaei, M., Mehrabi Tavana, A., Bahadori, M., Ebadi, A., & Poursaid, S. M. (2016). Knowledge of healthy lifestyle in Iran:

- a systematic review. *Electronic Physician*, 8(3), 2199–2207. <https://doi.org/10.19082/2199>
6. Gómez, I. C. (2007). Salud laboral: Una revisión a la luz de las nuevas condiciones del trabajo. *Universitas Psychologica*, 6(1), 105–113. <https://www.redalyc.org/pdf/647/64760111.pdf>
  7. Hurtado Duque, A. P. (2015). *Caracterización del consumo de bebidas energizantes en una muestra de trabajadores de la economía formal en Bogotá en el periodo comprendido entre enero y octubre de 2015*. [https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/454/1/CARACTERIZACION\\_DEL\\_CONSUMO\\_HURTADO.pdf](https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/454/1/CARACTERIZACION_DEL_CONSUMO_HURTADO.pdf)
  8. Manrique, C. I., Arroyave-Hoyos, C. L., & Galvis-Pareja, D. (2018). Bebidas cafeinadas energizantes: Efectos neurológicos y cardiovasculares. *Iatreia*, 31(1), 65–75. <https://doi.org/10.17533/udea.iatreia.v31n1a06>
  9. Martínez-Angulo, C. W., Molina-Elizalde, J. P., Gallardo-Fuentes, F. J., Carter-Thuillier, B. I., & Alvarez, C. G. (2020). Calidad de vida en la empresa: análisis de la zona sur insular de Chile. *Revista Espacios*, 41(22), 306–315. <https://www.revistaespacios.com>
  10. Pender, N. J. (1996). *Cuestionario de Perfil de Estilo de Vida*. <https://drjcgm.wixsite.com/cuestionario>
  11. Salazar-Estrada, J. G., Moreno, A. G. M., López, T. M. T., Beltrán, C. A., & López-Espinoza, A. (2016). Calidad de vida relacionada con la salud y obesidad en trabajadores de manufacturas en Jalisco, México. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 66(1), 43–51. [https://www.researchgate.net/publication/303315915\\_Calidad\\_de\\_vida\\_relacionada\\_con\\_la\\_salud\\_y\\_obesidad\\_en\\_trabajadores\\_de\\_manufacturas\\_en\\_Jalisco\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/303315915_Calidad_de_vida_relacionada_con_la_salud_y_obesidad_en_trabajadores_de_manufacturas_en_Jalisco_Mexico)
  12. Test de Fageström (n.d.). [https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/categorias/Documents/Inf\\_Farm\\_Test de FAGERSTROM.pdf](https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/categorias/Documents/Inf_Farm_Test_de_FAGERSTROM.pdf)
  13. Vega Ruíz, M. L. (2020). El trabajo es salud? *Archivos de Prevencion de Riesgos Laborales*, 23(4), 410–414. <https://doi.org/10.12961/aprl.2020.23.04.01>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Modélisation Des Niveaux D'eau Extrêmes Sur Les Plages Sableuses De Malibu, De Gadaye Et De Malika (Dakar, Sénégal) Consécutive À La Tempête Du 19 Novembre 2018**

***Cheikh Omar Tidjani Cisse,***

Université Gaston Berger, Laboratoire Leïdi “Dynamique des Territoires et Développement”, Saint-Louis, Sénégal

***Papa Sagne,***

***Kader BA,***

Laboratoire de Biostratigraphie-Sédimentologie, Département de Géologie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal).

Laboratoire de Télédétection Appliquée, Institut des Sciences de la Terre, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal).

***Boubacar Fall,***

Laboratoire de Biostratigraphie-Sédimentologie, Département de Géologie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal).

***Boubou Aldiouma SY,***

Université Gaston Berger, Laboratoire Leïdi “Dynamique des Territoires et Développement”, BP 234 Saint-Louis, Sénégal

***Augustin Marone***

Laboratoire LETG-Géophen “Littoral-Environnement-Télédétection-Géomatique-Géographie physique et environnement”, Caen

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p79](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p79)

Submitted: 06 December 2021

Accepted: 24 January 2022

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Cisse T.O.C., Sagne P., Kader B.A., Fall B., Aldiouma B., & Marone A., (2022). *Modélisation des niveaux d'eau extrêmes sur les plages sableuses de Malibu, de Gadaye et de Malika (Dakar, Sénégal) consécutive à la tempête du 19 novembre 2018* European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p79>

### **Abstract**

Dans un contexte mondial de réchauffement climatique, les espaces côtiers sont de plus en plus menacés par les risques de submersion. La modélisation de ces submersions marines, compte tenu du danger qu'elles

représentent, constitue une étape importante avant toute initiative de protection côtière des zones à fort enjeux socio-économiques.

L'objectif de cette contribution est de faire une modélisation des niveaux d'eau extrêmes sur les plages sableuses de Malibu, de Gadaye et de Malika à partir de la tempête du 19 novembre 2018 à Dakar. Pour ce faire, un modèle empirique a été utilisé pour reconstituer l'extension spatiale de l'onde de tempête sur les plages. Les résultats révèlent d'une part, que les niveaux d'eau extrêmes sont sensiblement les mêmes sur les trois plages, et d'autre part, que ces niveaux extrêmes n'ont pas excédé la crête maximale de trait de côte des trois plages. Quand bien même l'extension spatiale du jet de rive (runup et setup) sur les plages est sensiblement la même, la sensibilité des plages à cet événement morphogène est différente où des formes d'ablation (microfalaise) ont été observées sur la partie haute de Gadaye et Malika. Cela peut être expliqué par les différentes caractéristiques morphologiques des plages un mois avant la tempête, en octobre 2018. En définitive, les résultats laissent apparaître clairement une hétérogénéité dans les ajustements morphologiques et sédimentaires trois mois après le passage de la tempête de février 2019. Toutefois, une certaine résilience de la zone est notée en raison de la présence de dunes qu'il faut impérativement éviter leur dénaturalisation pour une protection naturelle et durable de la zone.

---

**Keywords:** Modélisation, Onde De Tempête, Niveaux D'eau Extrêmes, Crête Maximale, Jet De Rive, Morphogène, Ablation

## **Modelling Of Extreme Water Levels On Malibu, Gadaye And Malika Sandy Beaches (Dakar, Senegal) Following The 19 November 2018**

*Cheikh Omar Tidjani Cisse,*

Université Gaston Berger, Laboratoire Leïdi “Dynamique des Territoires et Développement”, Saint-Louis, Sénégal

*Papa Sagne,*

*Kader BA,*

Laboratoire de Biostratigraphie-Sédimentologie, Département de Géologie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal).

Laboratoire de Télédétection Appliquée, Institut des Sciences de la Terre, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal).

*Boubacar Fall,*

Laboratoire de Biostratigraphie-Sédimentologie, Département de Géologie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal).

*Boubou Aldiouma SY,*

Université Gaston Berger, Laboratoire Leïdi “Dynamique des Territoires et Développement”, BP 234 Saint-Louis, Sénégal

*Augustin Marone*

Laboratoire LETG-Géophen “Littoral-Environnement-Télédétection-Géomatique-Géographie physique et environnement”, Caen

---

### **Abstract:**

In a global context of global warming, coastal areas are increasingly threatened by the risk of flooding. The modeling of these marine submersions, because of the danger they represent, is an important step before any coastal protection initiative for areas with high socio-economic stakes.

The objective of this scientific contribution is to model the extreme water levels on the sandy beaches of Malibu, Gadaye and Malika from the storm of 19 November 2018 in Dakar. To do so, an empirical model was used to reconstruct the spatial extension of the storm surge on the beaches. The results show that the modeled extreme water levels are approximately the same on the three beaches, and that their extreme levels did not exceed the maximum coastline crest of the three targeted beaches. Even though the spatial extension of the run-up on the beaches is almost homogeneous, the sensitivity of the beaches to this morphogenic event is different or forms of ablation (micro-cliffs) have been observed on the upper part of Gadaye and Malika beaches. This can be explained by the different morphological characteristics of the beaches one month before the storm, in October 2018. Finally, the results clearly show heterogeneity in the morphological and sedimentary

adjustments three months after the storm of February 2019. However, a certain resilience of the area is noted due to the presence of dunes that must be avoided for a natural and sustainable protection of the area.

---

**Keywords:** Modeling, Storm Surge, Extreme Water Levels, Maximum Coastline Crest, Run Up, Morphogenic, Ablation

## 1. Introduction

Dans un contexte mondial marqué par le changement climatique conduisant à l'élévation du niveau marin de l'ordre de 30 cm tous les 100 ans (GIEC, 2007), les espaces côtiers sont de plus en plus menacés par les risques d'érosion et de submersion marine qui sont parmi les conséquences prévisibles de ce phénomène (Gozannet *et al.* 2015). Selon le GIEC (2013), une élévation du niveau de la mer de 0,5 m engendrerait une augmentation de 10 à 100 fois de la fréquence des submersions marines dans le monde. Ces dernières, résultant de la conjonction d'une faible pression atmosphérique et d'un « fort vent d'afflux » (Letortu *et al.*, 2012), deviennent une véritable problématique environnementale pour les littoraux soumis à de fortes pressions humaines. Ces submersions sont parmi les aléas météorologiques les plus dévastateurs le long des traits de côte (Balouin *et al.*, 2011).

En Afrique de l'Ouest, elles constituent une préoccupation fondamentale. Vu leur ouverture sur la façade Atlantique, la plupart des côtes ouest-africaines sont exposées à la submersion (Tchindjang *et al.*, 2019). Le littoral sénégalais qui s'étend sur environ 718 km de côte est souvent soumis à des épisodes météo-marins extrêmes. Il est très sensible à l'érosion et à la submersion marine du fait de son faible dénivelé et de la nature sableuse d'une partie de ces côtes (Weissenberger *et al.*, 2016). La fréquence de ces épisodes extrêmes en sus de l'érosion consécutive aux Hautes et Basses marées, a des effets dévastateurs sur les littoraux sableux. En effet, les submersions marines enregistrées sur ce littoral en juillet 1993, août 2004, juillet 2005, juillet 2007 et mai 2014 (Ndour, 2015) confirment sa vulnérabilité face à ce risque côtier. Ces submersions, au-delà de leurs conséquences socio-économiques, ont des impacts non négligeables sur la dynamique des plages sableuses. Selon Gervais *et al.* (2010), les tempêtes sont des événements brutaux entraînant souvent des impacts morphologiques rapides et importants parfois même irréversibles sur les plages sableuses. Ces submersions marines surviennent lors de conditions météorologiques défavorables provoquant une élévation anormale du niveau marin. Selon Anselme *et al.* (2008), cette élévation du niveau marin se traduit sur les littoraux à topographie basse par la conjonction de deux phénomènes : le *setup* et le *runup*. D'après Garcin *et al.* (2009), le *setup* et le *runup* sont responsables de la submersion marine lors d'une tempête. Lorsque les conditions météorologiques sont défavorables



(baisse de la pression atmosphérique), les vents d'afflux poussent les masses d'eau à la côte faisant que le niveau marin devient plus important au niveau de la marée astronomique (Anselme *et al.*, 2008). Selon Bulteau *et al.* (2012), la caractéristique principale d'une submersion marine est le niveau maximal atteint à la côte pendant l'épisode de tempête. Cette surélévation du plan d'eau à la côte provoque une extension de la limite spatiale du jet de rive (*runup* et *setup*) en condition normale. Durant les événements tempétueux, la surcote provoque sur les côtes sableuses une amplification de l'impact des vagues abordant la côte (Balouin *et al.*, 2011). En effet, l'action des vagues déferlantes se traduit par le run up qui correspond à la hauteur des vagues lorsqu'elles abordent la plage (Jeuck, 2018). Il constitue un élément important dans l'évaluation des impacts observés sur les plages après une submersion ou tempête marine (Robin, 2013). Selon Enjalbert *et al.* (2012), le run up est le principal processus impliqué dans l'érosion du haut de plage ainsi que des problèmes liés à la submersion marine.

Actuellement, l'essentiel des productions scientifiques sur le littoral sénégalais s'intéresse généralement aux aspects géomorphologiques, leur évolution spatio-temporelle, les impacts des aménagements côtiers sur l'évolution morphosédimentaire (Faye, 2010 ; Thior *et al.*, 2019) Cependant, les études abordant la submersion marine ainsi que leurs modélisations ne sont pas encore véritablement initiées. Or, cet aléa joue un rôle important dans l'évolution morphologique des plages.

La modélisation des submersions marines des plages, compte tenu du danger qu'elles représentent, constitue une étape importante avant toute initiative de protection côtière des zones à fort enjeux socio-économique (Arnaud et Bertin, 2014). Ainsi, le présent article vise à modéliser les niveaux d'eau extrêmes enregistrés sur les plages sableuses de Malibu, Gadaye et Malika de la région de Dakar lors de la tempête du 19 novembre 2018.

Plus précisément, cette quantification des niveaux d'eau extrêmes permet de bien poser la problématique de la vulnérabilité des plages sableuses de Dakar à la submersion marine et leur résilience face à l'action des vagues de tempête.

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

Cette étude concerne le littoral Nord de Dakar plus particulièrement les plages de Malibu (Golf Sud), Gadaye (Guédiawaye) et Malika (figure 1) situées sur un même linéaire côtier. Ces plages, de nature sableuse, constituent des milieux fragiles et très sensibles à l'action des agents hydrodynamiques (Paskoff, 1993, 1998) qui entraîne des variations morphologiques à différentes échelles temporelles (journalières, saisonnières, annuelles, pluriannuelles...) selon les conditions du milieu (Sagne, 2021). La quantité de sédiments ainsi perdue lorsqu'une houle érosive se produit ne peut être compensée que si elles

disposent d'importants stocks de sédiments, en général, constitués par les dunes (Paskoff, 1993 ; Pinot, 1998). Cette disposition, d'ailleurs notée dans la zone, pourrait constituer un élément de résilience géologique à ce niveau du littoral Dakar.

Du point de vue topographique, les altitudes les plus élevées sur la côte Nord de Dakar sont notées à Yoff. Elles varient dans cette partie entre 20 et 40 m (Sagne, 2021). Cependant, elles diminuent en allant vers le Lac Rose située à l'est. Dans la zone de Malibu à Malika, elles dépassent rarement 20 m (Sagne, 2021). Elles sont plus élevées au niveau de la plage de Malibu et devient plus basses en allant vers Malika où les valeurs maximales tournent autour de 15 m (Sagne, 2021). Cette situation serait un élément d'exposition majeur de cette partie aux submersions marines liées aux fortes houles et à l'élévation du niveau de la mer induite par le changement climatique.

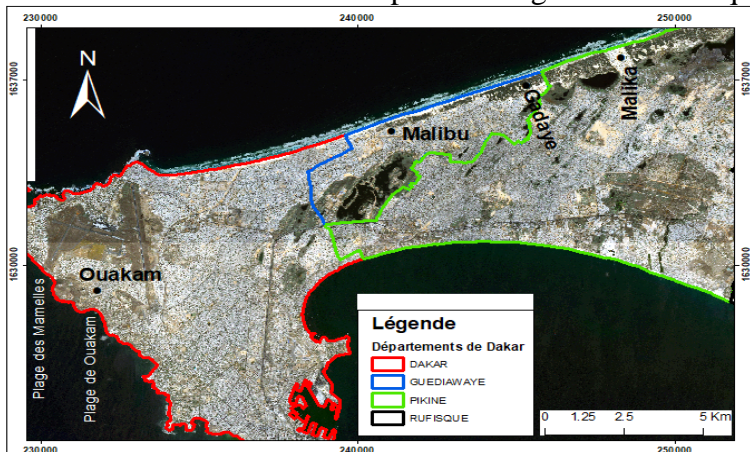


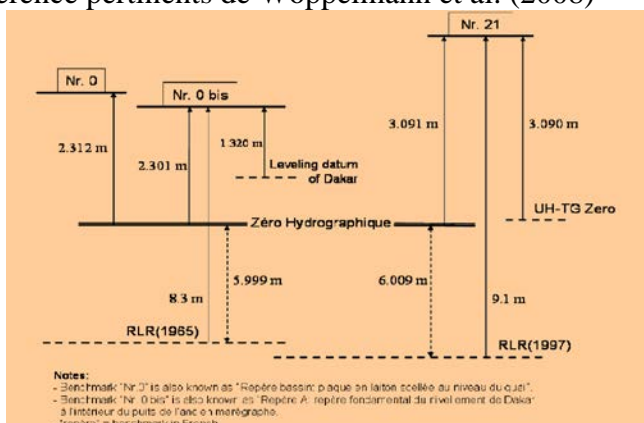
Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

Par ailleurs, la zone d'étude est principalement sous l'influence des houles du nord-ouest qui constituent les principaux agents responsables de sa dynamique morpho-sédimentaire puisqu'elle est protégée des houles du sud-ouest par la pointe des Almadies (Niang-Diop, 1995 ; Ndour, 2015). A cela s'ajoutent le faible marnage (inférieur à 2 m) lui offrant le caractère de côte micro-tidale, et les vitesses des courants de marées qui sont inférieures à 0,15 m/s indiquant une faible influence de la marée sur les mouvements de cette plage (Fall, 2004 ; Ndour, 2015 ; Stéphanain *et al.*, 2011). L'influence des houles exceptionnelles sur la dynamique de cette partie n'est pas à négliger puisqu'elles occasionnent des phénomènes d'érosion rapide susceptible d'atteindre le pied des dunes où des quantités importantes de sédiments sont érodées (Sagne *et al.*, 2020).

### 3. Matériels et méthodes

#### 3.1. Données météorologiques et océanographiques

Les données de réanalyse de la houle ont été obtenues de l'Agence National de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM) pour les caractéristiques hydrodynamiques de la tempête. Cependant, celles du marégraphe de Dakar (capteur Ra2 de l'Université de Hawaï) ont été obtenues du Service Hydrographique des Phares et Balises. Ces données ont par la suite été corrigées avec la constante de 0,06 m. Les données de marée prédite utilisées sont celles de SHOM (Service Hydrographique de la Marine). Ces dernières sont comparables aux données du marégraphe de Dakar puisqu'elles ont le même référentiel, qui est le zéro hydrographique. Le niveau marin observé au marégraphe de Dakar est converti en données géodésiques pour une superposition rigoureuse avec les profils de plage. A cet effet, le modèle de Wöppelmann *et al.* (2008), figure (3) est utilisé pour convertir les niveaux de marée en données géodésiques. Selon Wöppelmann *et al.* (2008), le zéro hydrographique et le datum vertical sont séparés par une distance de 0,981 m (2,301 m-1,320 m), (figure 2), qui correspond à la valeur géodésique des niveaux d'eau de référence, ce qu'illustre le diagramme des repères et des points de référence pertinents de Wöppelmann *et al.* (2008)



**Figure 2:** Situation des repères de marée et de points de référence pertinents Wöppelmann *et al.* (2008).

#### 2.2 Données topographiques

Cette recherche est également basée sur des levés topographiques pour mesurer la morphologie du segment littoral faisant l'objet de cette contribution par une série de profils perpendiculaires à la ligne de rivage, depuis le pied des dunes jusqu'à la zone de déferlement. Ainsi, trois profils de plage ont été levés respectivement au niveau des plages de Malibu, Gadaye et Malika (figure 3) aux mois d'octobre 2018 (avant le passage des houles) et de novembre 2018 (juste après leur passage). Après ces deux missions, une autre campagne de

collecte a été réalisée en février 2019 pour évaluer le temps de retour des sédiments mobilisés par cet évènement.

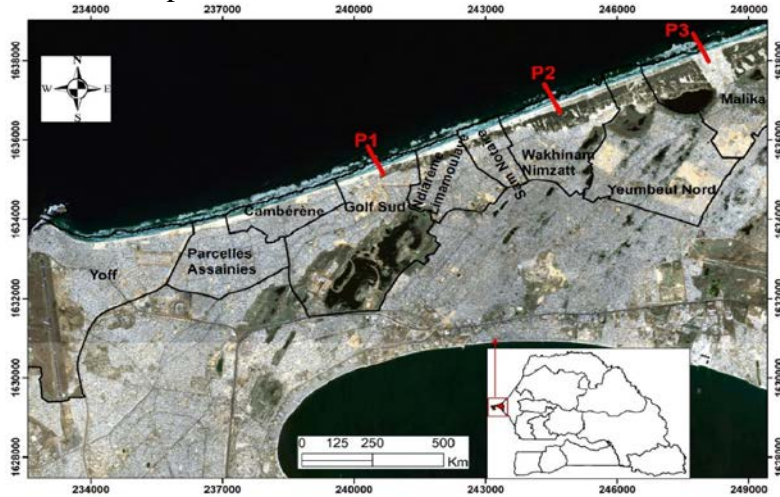


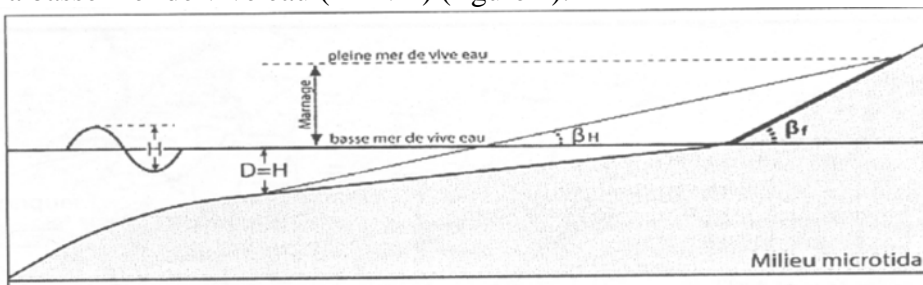
Figure 3: Position des sites échantillons dans le secteur d'étude

Les profils ont été levés avec un matériel constitué par un niveau de chantier, un trépied, une mire, un ruban, une boussole et un GPS. Les coordonnées des repères arrière fixes à partir desquels les profils ont été calés sont déterminées par le GPS. La boussole permet de contrôler la direction des profils pour permettre leur comparaison rigoureuse. Pour mieux respecter la morphologie de chaque profil durant les levés topographiques, les points de rupture de pente minutieusement mesurés.

### 3.2. Analyse des niveaux d'eau extrêmes de la tempête du 18 et 19 novembre 2018

Dans le cadre de ce travail, l'estimation des niveaux d'eau extrême repose sur l'utilisation des modèles empiriques pour quantifier le run up ou la limite maximale atteint par les vagues lors de la tempête. Ce run up revêt un caractère important dans l'étude des niveaux d'eau extrêmes. Selon Enjalbert *et al.* (2012), le run up est le principal processus impliqué dans l'érosion du haut de plage ainsi que des problèmes liés à la submersion marine. Ce travail repose sur la combinaison de deux paramètres : l'action de la houle sur la côte traduit par le *runup* et le niveau marin maximal observé au marégraphe de Dakar. Selon Caspar *et al.* (2007), les submersions induites par les tempêtes résultent la plupart du temps de la conjonction d'une surcote à la marée et une forte agitation marine. D'après Arnoux *et al.* (2018), le *runup* peut facilement s'ajouter au niveau marin de manière à représenter physiquement les hauteurs atteintes par un état de mer donné.

Les niveaux d'eau extrême lors de la tempête du 19 novembre 2018 ont été estimés en additionnant la valeur du *runup* obtenue à travers le modèle empirique et le niveau marin maximal observé au marégraphe de Dakar. L'utilisation du modèle empirique pour estimer la valeur du *runup* exige la disponibilité des paramètres hydrodynamiques ( $H/3$  et  $L_0$  au large) et morphologiques. Selon Enjalbert et al. (2012), la dynamique du *runup* est tributaire des paramètres hydrodynamiques (conditions de vagues) et environnementaux (paramètres morphologiques). Ces derniers constituent un paramètre déterminant dans la quantification du *runup* et les conditions d'utilisation dépendent des caractéristiques de la côte. Selon Cariolet (2011), sur les côtes microtidales comme celle faisant l'objet de cette étude, la variable morphologique utilisée pour estimer le *runup* doit se situer de la section de la plage comprise entre la limite de la pleine mer de vive eau (PMVE) et celle de la basse mer de vive eau (BMVE) (figure 4).



**Figure 4: Représentation schématique de la pente dans le calcul du run up du microtidal (Cariolet, 2011)**

En fonction des valeurs de pentes et de nombre d'Iribaren obtenus, une seule formule est utilisée. D'après Cariolet (2011), le choix d'un modèle empirique doit se fonder sur les caractéristiques des paramètres morphologiques de la plage (nombre d'Iribaren<sup>eo</sup>). Le nombre d'Iribaren des plages a été calculé à partir de la formule de Battjes (1974):

$$\xi_0 = \frac{\tan \beta}{(H_0/L_0)^{1/2}} \quad \xi_0 = \frac{\tan \beta}{(H_0/L_0)^{1/2}} \quad (1)$$

Lorsque  $\xi_0 < 0,5$  la plage est dissipative car la pente est faible. Ce type de plage est caractérisé par un déferlement glissant. Autrement dit, la crête de la vague provoque sur sa face avant un mélange d'eau et d'air avant son déferlement (Bonte, 2013).

Si par contre, le nombre d'Iribaren est compris entre  $0,5 < \xi_0 < 2,5$ , le déferlement est plongeant. La crête de la vague est ainsi projetée vers l'avant et impacte violemment la surface de l'eau.

Si le  $\xi_0 > 2,5$ , la pente de la plage est forte et dite réfléchive. Le déferlement est par conséquent gonflant ou frontal. La particularité est que sur les plages dites réfléchives, la vague ne se déferle pas mais elle s'étale plutôt sur la plage.



**Tableau 1:** Paramètres morphologiques des plages de Malibu, Gadaye et Malika en Octobre 2018

Sites	Pente de l'estran (°)	Tan β	Nbre d'Iribaren
Malibu	4,22	0,073786367	0,82845725
Gadaye	4,23	0,073961852	0,83042756
Malika	4,16	0,072733549	0,81663644

Pour les paramètres hydrodynamiques comme indiqué précédemment, les données de réanalyse de houle au large (hauteur significative et période de pic) de l'ANACIM ont été utilisées (tableau 2).

**Tableau 2:** Paramètres hydrodynamiques au large pendant la tempête du 19 novembre 2018

Hauteur significative au large (Ho)	Période de Pic (T)	Longueur d'onde au large (Lo)
3,17	16	399,62

Selon Laffitte (2018), au large la longueur d'onde des houles longues peut s'estimer par  $\lambda = 1,561 T^2 = CT$ , donc  $CT = 1,561 T$ . Cependant, la longueur d'onde au large à partir de la formule suivante a été calculée :

$$Lo = 1,561 m. s^2 * T^2 \quad (2)$$

Pour les plages dont la pente (tan β) est comprise entre 0,026 et 0,14, la formule de Holman (1986) et Nielsen et Hanslow (1991) a été appliquée :

$$R2\% = 0,92 Ho \zeta_0 \quad (3)$$

$$Rmax = 1,07 Ho \xi_0 \quad (4)$$

R2% correspond à la valeur dépassée par 2 % des plus hauts jets de rive.

Rmax correspond à la valeur maximale atteint par le run up.

0,92 et 1,07 sont des coefficients sans dimension proposés par Holman (1986) Hanslow et Nielsen (1991). Ho est la hauteur significative au large  $\xi_0$  est le nombre d'Iribaren.

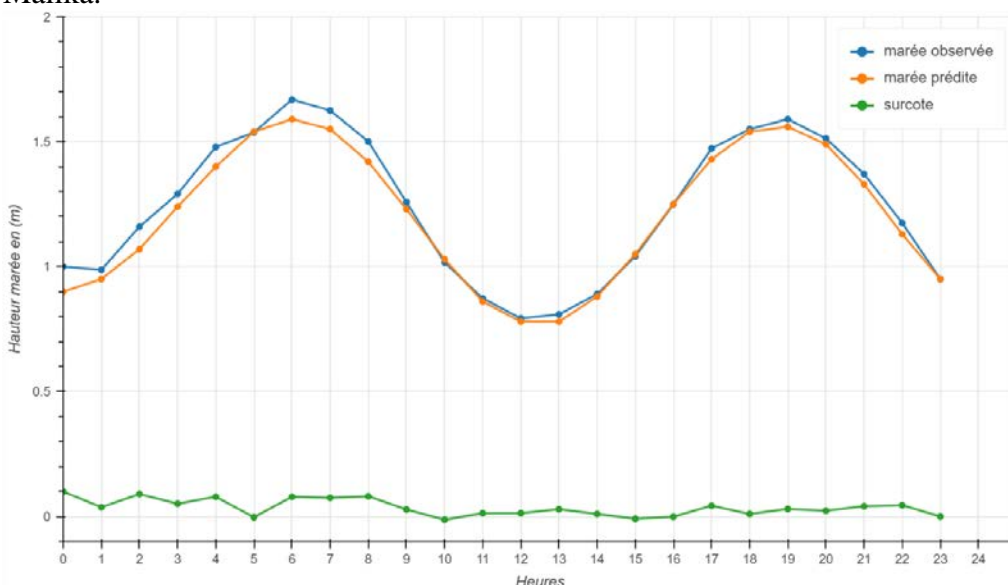
$\zeta_0$  = le nombre d'Iribarren. Il est calculé à partir de l'équation (1)

## 4. Résultats

### 4.1. Description de la tempête du 18-19 novembre 2018

Survenu un mois après la saison pluvieuse de 2018, cet événement est strictement d'origine marine. Il est ressenti sur toute l'étendue du secteur d'étude. De Malibu à Gadaye un vent d'une vitesse de 22 Km/h provenant de direction nord (360°) associé à une légère baisse de la pression atmosphérique estimée à 1012 hPa aboutit à la submersion de ce linéaire côtier. Sur le plan marégraphique, cet événement est caractérisé par une hauteur d'eau considérable. En effet, les informations marégraphiques relevées au marégraphe de Dakar révèlent une importante hauteur de marée de l'ordre de 1,67 m à 6 h contre 1,59 m pour la marée prédite par le Service Hydrographique Océanographique de la Marine (SHOM). Cette différence

entre la valeur de la marée prédite par le SHOM et la marée relevée par le marégraphe de Dakar se traduit par une surcote de 0,08 m (figure 5). En revanche, la hauteur maximale de l'onde de tempête est de 0,10 m. Ainsi, ces conditions météorologiques et marégraphiques défavorables auxquelles s'ajoute un hydrodynamisme fort traduisent des conditions hydrodynamiques relativement énergétiques. En effet, les données de réanalyse de la houle au point d'extraction choisi révèlent une hauteur maximale de 3,16 m de direction NW avec une période de 16s à 8h. Ainsi, la hauteur significative était supérieure ou égale à 2 m du 19 au 21 novembre à 5h du matin. Cet événement météo-marin a affecté le linéaire côtier échantillon : Malibu, Gadaye et Malika.



**Figure 5 :** Conditions marégraphiques de la submersion du 19 novembre 2018

#### 4.2. Niveaux d'eau extrêmes sur les plages de Malibu, Gadaye et Malika

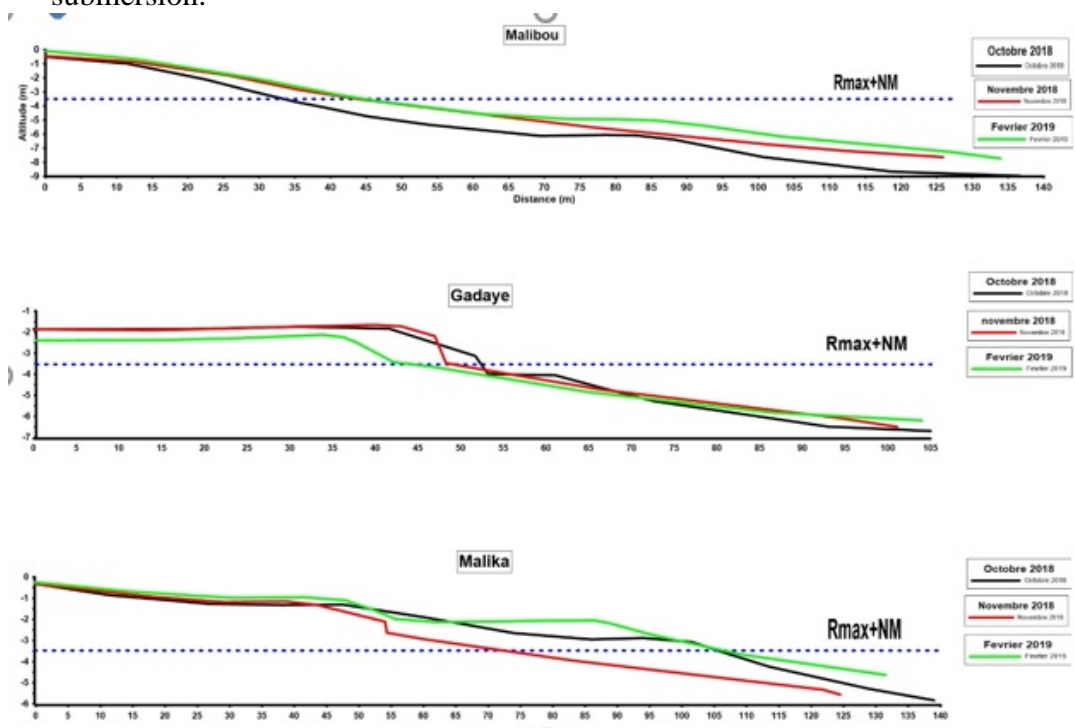
Le tableau 3 indique les niveaux d'eau extrêmes sur les plages de Malibu, Gadaye et Malika pendant la tempête de novembre 2018.

**Tableau 3: Run up de la plage de Malibu, Gadaye et Malika**

Profil	Niveau marin <sup>1</sup> (Dakar)	Ho	T	Lo	R2%		Rmax	
					R2%	NM+R2%	Rmax	NM+Rmax
Malibu	0,69	3,17	16	399,62	2,41	3,10	2,81	3,52
Gadaye	0,69	3,17	16	399,62	2,42	3,11	2,82	3,53
Malika	0,69	3,17	16	399,62	2,38	3,07	2,77	3,48

<sup>1</sup> Niveau marin converti en données géodésiques grâce à la constante de Wöppelmann et al. (2008).

La combinaison des hauteurs de la marée observée au marégraphe de Dakar et du runup maximal a permis d'estimer les niveaux extrêmes atteints par les vagues de tempête après leur déferlement sur les plages. La lecture du tableau 3 laisse apparaître clairement que le niveau extrême atteint par le jet de rive est sensiblement le même sur les trois plages étudiées : Malibu, Gadaye et Malika. Ce tableau récapitule les hauteurs d'eau extrêmes obtenues à partir de l'application du modèle empirique de Holman (1986) Hanslow et Nielsen (1991). La figure 6 souligne les caractéristiques morphologiques des plages de Malibu, Gadaye et Malika au mois d'octobre 2018, un mois avant la submersion.



**Figure 6: Caractéristiques morphologiques des plages de Malibu, Gadaye et Malika en octobre, novembre 2018 et février 2019**

Cette même figure 5 met en exergue le potentiel de franchissement du trait de côte des plages de Malibu, Gadaye et Malika par les vagues de la tempête du 19 novembre 2018. En effet, la superposition du niveau d'eau maximale ( $R_{max+NM}$ ) avec les profils transversaux de la plage au mois d'octobre (un mois avant la tempête) révèle une absence de franchissement du trait de côte (figure 4), qui montre que les différents niveaux d'eau extrêmes enregistrés sur les trois plages (Malibu, Gadaye et Malika) n'ont pas dépassé la crête maximale du trait de côte respectif des trois plages.



### 4.3. Réponse morphosédimentaire des trois plages après la submersion du 19 novembre 2018

Le tableau 4 indique les volumes sédimentaires au-dessus des niveaux d'eau extrêmes observés avant, pendant et après la submersion du 19 novembre 2018.

**Tableau 4: Volumes sédimentaires au-dessus des niveaux d'eau extrêmes observés**

Date	Malibu (Rmax + NM = 3,52m)	Gadaye (Rmax+NM=3,5 3m)	Malika (Rmax+NM=3,4 8m)
<b>Octobre 2018</b>			
Volumes sédimentaires (m <sup>3</sup> ) au-dessus du Rmax+NM	61,16	81,93	173,10
<b>Novembre 2018</b>			
Volumes sédimentaires (m <sup>3</sup> ) au-dessus du Rmax+NM	61,27	77,03	157,26
<b>Février 2019</b>			
Volumes sédimentaires (m <sup>3</sup> ) au-dessus du Rmax+NM	55,90	81,79	175,53

La sensibilité des plages à la houle forte est évaluée par la comparaison des volumes de sédiments au-dessus des niveaux d'eau extrêmes entre octobre et novembre 2018. Celui de février 2019 a été calculé puis comparé à celui d'octobre 2018 (période de référence) pour évaluer le temps de retour des sédiments. Ce qui permet de se prononcer sur la résilience de ce segment côtier de Dakar aux tempêtes. L'analyse des résultats montre que la sensibilité des plages (Malibu, Gadaye et Malika) à l'action des vagues de tempête diffère d'une plage à une autre. Autrement dit, les plages présentent des caractéristiques morpho-sédimentaire diverses, voire hétérogènes. En effet, les fluctuations volumétriques au-dessus des niveaux d'eau extrêmes entre les différentes dates (octobre, novembre 2018 et février 2019) montrent une variabilité temporelle des caractéristiques morphologiques des plages selon les conditions hydrodynamiques.

### 5. Discussion des résultats

La superposition du niveau d'eau maximale (run up maximal et la marée observée) avec les profils transversaux de la plage au mois d'octobre et novembre 2018, puis février 2019 révèle une absence de franchissement du trait de côte. En effet, ces valeurs qui ne représentent que des ordres de grandeurs semblent bien refléter les observations de terrain après le passage de la tempête. En plus, les différents niveaux d'eau extrêmes enregistrés sur les trois plages (Malibu, Gadaye et Malika) n'ont pas dépassé la crête maximale du trait de côte respectif des trois plages. Autrement dit, le potentiel de franchissement des vagues au trait de côte est très faible, mais une submersion par rupture du cordon dunaire engendrée par l'écoulement

tumultueux des eaux marines après le déferlement des vagues sur la plage peut occasionner une submersion de l'arrière-plage. Cela est conforme aux observations *in situ* (photo 1) le lendemain de la tempête (Sagne *et al.*, 2020).

**Photo 1 : Inondation de l'arrière plage pendant les houles fortes**



*Source : Sagne et al., 2020)*

Ce constat est fait aussi par Suanez et Fichaut (2010) sur les plages de l'île de Banneg (archipel de Molène, Finistère, France). Sur la Langue de Barbarie, des destructions d'infrastructures par les houles fortes ont été notées en 2021 (photo 2), traduisant ainsi la recrudescence de ces phénomènes sur les côtes sénégalaises, d'où l'intérêt de promouvoir leur modélisation.

**Photo 2. Destruction de l'École Cheikh Diop à Guet Ndar par la mer**

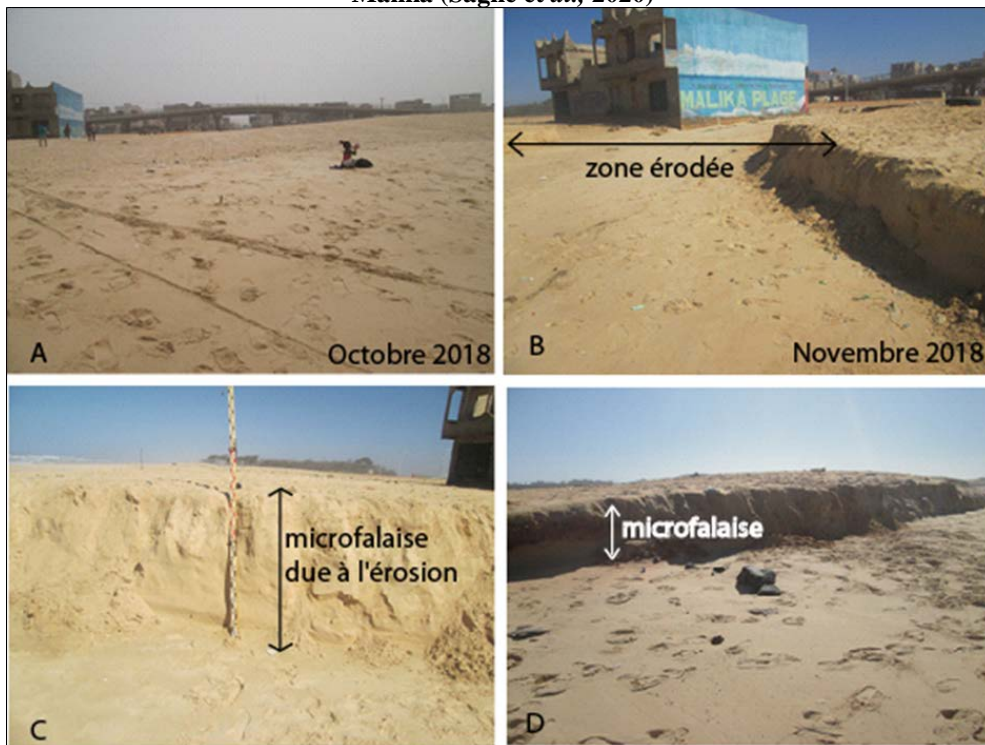
*Images prises en octobre 2021 (SY B. A.)*



Même si les niveaux d'eau extrêmes sont sensiblement similaires sur les plages, le niveau de sensibilité ou d'exposition de cette zone à l'action du jet de rive diffère d'une plage à une autre. En effet, le niveau de la plage située en-dessous du niveau d'eau extrême est assez important sur la plage de Malibu. En revanche, sur les plages de Gadaye et Malika la distance séparant la limite maximale atteinte par le jet de rive et le trait de côte est assez significative. La variation de la limite maximale du jet de rive sur les trois plages peut s'expliquer par leurs caractéristiques morphologiques distinctes. Une submersion n'est pas toujours homogène, la limite qu'elle peut atteindre dépend des variations morphologiques le long des côtes (Didier *et al.*, 2020). A bien y regarder, la plage de Gadaye avant la tempête (octobre 2018) offrait

une protection naturelle au trait de côte contre l'assaut des vagues due à la présence de morphotypes tels que la berme. La berme joue un rôle essentiel dans la protection du trait de côte. Ces structures morphologiques permettent de dissiper l'énergie des vagues avant que celles-ci n'atteignent le trait de côte (Bouvier, 2019). Selon Lerma *et al.* (2018), l'envergure des franchissements des vagues de tempête est fortement tributaire de la morphologie de la plage et du haut de plage. Car, la présence dans la zone intertidale d'un îlot rocheux ou d'une barre rocheuse protège les plages contre l'assaut des vagues de tempête (Quintin *et al.* 2013). Vu sa largeur et ses principales caractéristiques morphologiques marquées par la présence de berme, la plage de Gadaye semble être moins affectée par l'action des vagues de la tempête du 19 novembre 2018. Sur les plages larges possédant des bermes bien formées l'énergie de la houle de tempête est progressivement dissipée dans la zone de déferlement et sur l'estran (Balouin *et al.*, 2011 ; Lerma *et al.*, 2013). Naturellement comme tout évènement morphogénique, la tempête du 19 novembre 2018 a occasionné des impacts morphologiques sur les différentes plages à géométrie variable. Les vagues de tempête provoquent d'importantes modifications morphologiques (Stephan *et al.*, 2010). Cette situation est la résultante de la morphologie des plages et de l'avant-côte avant l'évènement de submersion marine. La réponse morphologique de la plage à un évènement de forte énergie donné est tributaire de sa morphologie au moment de l'évènement (Castelle *et al.*, 2010). Sur le plan morphologique et sédimentaire, la comparaison des profils levés au mois d'octobre et de novembre 2018 ont montré que les plages ont été inégalement impactées. Les variations morphologiques ont été observées quasiment sur toutes les plages mais, à des degrés divers. La morphologie d'une côte change si les sollicitations et les énergies appliquées varient (CETMEF, 2017). Les laisses de mer représentent la forme d'accumulation la plus visible occasionné par la tempête sur le plan morphologique. Cet évènement morphogène a en outre produit des formes d'ablation sur la partie haute des plages surtout celle de Gadaye et de Malika. Sur la partie supérieure de ces deux plages des microfalaises ont été modelées par l'action des vagues de tempête (photo 4).

**Photo 4 : Effets morphologiques des houles de tempêtes sur les plages de Gadaye et Malika (Sagne et al., 2020)**



*A: morphologie de la plage de Malika avant les houles de tempêtes, B: morphologie de la plage de Malika après les houles de tempêtes, C: microfalaise édifiée par les houles de tempêtes à la plage de Malika, D: microfalaise édifiée par les houles de tempêtes à la plage de Gadaye*

Cette forme d'érosion s'explique par l'action morphogénique des niveaux d'eau extrêmes sur ces plages. Selon Bouvier (2019) les morphologies de la partie supérieure de la plage et du trait de côte sont conditionnées par l'action du jet de rive, lui-même est tributaire de la propagation des vagues dans le secteur d'avant-côte. Cette forme d'érosion (microfalaise) observée après le passage d'une tempête est aussi un indicateur de l'extension spatiale de l'onde de tempête sur la plage (Rey et al. 2017). Au-delà des impacts subis, les plages tendent à retrouver leur profil d'équilibre après le passage d'un épisode morphogénique. La lecture comparative des profils levés au mois d'octobre et novembre 2018, puis février 2019, révèle une certaine hétérogénéité dans les ajustements morphologiques et sédimentaires des plages de Malibu, Gadaye et Malika. En effet, trois mois après le passage de la tempête, nous avons observé que les plages de Malibu et de Malika ont connu un exhaussement rapide où les formes d'ablation observées au mois de novembre 2018 commençaient à disparaître sous l'effet des conditions météo-marines clémentes et des apports sédimentaires. Cet engraissement des deux plages se

traduit également par l'augmentation du volume sédimentaire au-dessus des niveaux d'eau extrêmes observés pendant la tempête. Cette situation traduit une certaine résilience de ce secteur du littoral nord de Dakar qui serait sans doute liée à la présence de stocks sédimentaires importants représentés par les dunes qui bordent la plage vers l'arrière. Ces dunes jouent un rôle crucial dans la capacité d'une côte à résister aux aléas côtiers que sont l'érosion et la submersion marine car alimentent les plages en sédiments et permettent de renouveler leur stock sédimentaire pendant les périodes de fortes houles érosives (Idier et Thiébot, 2013 ; Juinger et Robin, 2018). Cependant, elles commencent à subir une forte pression humaine qui se traduit par la coupe de filaos (*Casuarina equisetifolia*) pour faire place aux infrastructures routières (Voie de Dégagement Nord) et à usage d'habitations. Cette pratique pourrait entraîner la réduction du stock sédimentaire dunaire voire une disparition des dunes et la suppression de leurs rôles de protection naturelle contre l'érosion côtière surtout dans ce contexte actuel de changement climatique (Sagne et al., 2021). De ce fait, la protection et la régénération des filaos seraient très efficaces pour protéger cette zone des aléas climatiques.

## 6. Conclusion

Cette contribution a permis de faire la reconstitution des niveaux extrêmes sur les plages sableuses de Dakar (Malibu, Gadaye et Malika) après le passage de la tempête du 19 novembre 2018. En effet, les résultats montrent que les trois plages ont été inégalement impactées par la tempête et que la submersion n'a pas été subie de manière homogène sur les différents sites à l'étude. *En sus*, les effets géomorphologiques de cette tempête se sont traduits à travers les laisses de mer et les formes d'ablation telles que les microfalaises observées sur les plages après la tempête. Les résultats révèlent en outre que les plages n'ont pas le même niveau de résilience et d'ajustement morpho-sédimentaire face à un évènement morphogène à l'instar de la tempête du 19 novembre 2018. Cette étude a également apporté des informations nouvelles dans un domaine de recherche qui n'est pas suffisamment exploré en géomorphologie littorale sénégalaise. Au Sénégal, la plupart des thématiques de recherche concernant le littoral dudit pays porte sur le risque d'érosion côtière. En revanche, la question de la submersion marine et de la modélisation des niveaux extrêmes est très rarement abordée dans les travaux des géomorphologues et géologues littoralistes sénégalais. In fine, il est important de souligner que même si les résultats reflètent plus ou moins les observations faites sur le terrain, le modèle empirique utilisé dans le cadre de ce travail permet d'avoir des ordres de grandeurs sur l'extension maximale de l'onde de tempête sur les plages. La portion de la plage utilisée pour les paramètres morphologiques du modèle, le matériel utilisé pour les levés topomorphologiques (niveau de chantier) ainsi que les données d'altimétrie



spatiale de la houle au large (données de réanalyse) peuvent aussi minimiser l'envergure de la submersion.

### References:

1. Anselme B., Goeldner-Gianella L., et Durand P. (2008). Le risque de submersion dans le système lagunaire de La Palme (Languedoc, France) : nature de l'aléa et perception du risque, *colloque international pluridisciplinaire Les littoraux : subir, dire et agir*, Lille, France.
2. Arnaud G., et Bertin X. (2014). Contribution du setup induit par les vagues dans la surcote associée à la tempête Klaus, *XIIIèmes Journées Nationales Génie Côtier Génie Civil Dunkerque, 2-4juillet*, DOI :10.5150/jngcgc.2014.095-B © Editions Paralia CFL disponible en ligne – <http://www.paralia.fr> – available online.
3. Arnoux F., Abedie S., et Kojadinovic I. (2018). Analyse statistique du lien entre les variables d'aléa et les dommages par submersion, *Vèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil La Rochelle, 29 au 31mai 2018* DOI :10.5150/jngcgc.2018.084 ©EditionsParaliaCFLdisponibleenligne<http://www.paralia.fr> available online.
4. Balouin Y., Belon R., Delvallée E., Lamy M., et Bodere G., (2011). Etude complémentaire sur l'impact des tempêtes sur le littoral de la Plaine Orientale de Corse. Cartographie de la submersion marine de la sensibilité à l'érosion côtière et de l'exposition des enjeux. Rp-59724-FR, 39 p+ volume cartographique.
5. Battjes J.A. (1974). Surf similarity, proceedings of the 14<sup>th</sup> International Coastal Engineering Conference, *American Society of Civil Engineers*, pp466-480.
6. Bouvier C., (2019). Barres d'avant côte et trait de côte : dynamique, couplage et effets induits par la mise en place d'un atténuateur de houle, *thèse de doctorat physique de l'environnement*, université de Bordeaux, 221 p.
7. Bulteau T., Delvallee E., Thiebot J., et Pedreros R. (2012). Retour d'expérience sur l'utilisation des probabilités conjointes pour la caractérisation de niveaux marins à la côte, *XIIèmes Journées Nationales Génie Côtier Génie Civil Cherbourg, 12-14juin* DOI:10.5150/jngcgc.2012.001-B © Editions Paralia CFL disponible en ligne – <http://www.paralia.fr> – available online.
8. Cariolet J.M.(2011). Quantification du runup sur une plage macrotidale à partir des conditions morphologiques et

- hydrodynamiques, *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, n°1, pp 95-108.
9. Caspar R., Costa S., et Jakob E.(2007). Fronts froids et submersions de tempête dans le nord-ouest de la France : le cas des inondations par la mer entre l'estuaire de la Seine et la baie de Somme, *la Meteorologie*-n°57-mai, pp 37-47.
  10. Castle B., Marieu V., Bonneton P., et Bruneau N., (2010). Modélisation des profils de plage, *la Houille Blanche n°1*, pp 104-110.
  11. Didier D. (2020). Développement et analyse d'une méthode de cartographie de la submersion côtière dans l'estuaire et le Golfe du Saint-Laurent, *QC, thèse de doctorat*, Université du Québec à Rimouski, 318 p.
  12. Enesser Y., Terrier M., et Said V.(2012). Changement climatique et risques naturels, l'Afrique, Terre de Connaissances, *Géosciences\_La revue du BRGM pour une terre durable* n° 21, pp 50-57.
  13. Enjalbert C., Senechal N., Bryan K.R., Coco G., Macmahon J., et Brown J. (2012). Dynamique de la zone de swash ; influence de la marée et de la morphologie sur les paramètres du run up, *XIIèmes Journées Nationales Génie Côtier Génie Civil* Cherbourg,12-14juinDOI:10.5150/jngcgc.2012.006-E © Editions Paralia CFL disponible en ligne – <http://www.paralia.fr> – available online
  14. Fall B.(2004 ). Le littoral de Yoff : évolution morphosédimentaire et changements à long terme de la ligne de rivage. *Thèse 3<sup>ème</sup> cycle*, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 165 pp, 41 tab, 70 fig, 8 photos.
  15. Faye I., 2010 : Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest) : Approches régionale et locale par photo-interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes. *Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale*, 393 p.
  16. Garcin M., Desprats J.F., Fontaine M., Pedreros R., Sedan O., et Lenotre N. (2009). Risques côtiers à Sri Lanka : approches par GIS, scénarios et modélisation, *la Houille blanche*, n°1, pp 54-58.
  17. Gervais M., Balouin Y., Belon R., Certain R., Robin N., et Berne S., (2010). Impacts des tempêtes sur la morphologie d'un littoral microtidal : le site du Lido de Sète à Marseillan, Golfe du lion, *XIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil Les Sables d'Olonne*, 22-25 juin 2010 DOI:10.5150/jngcgc.2010.032-G © Editions Paralia CFL disponible en ligne <http://www.paralia.fr> – available online

18. GIEC/IPCC, (2007) - Groupe de travail I du GIEC. Quatrième Rapport d'évaluation, *Bilan 2007 des changements climatiques les bases scientifiques physiques*, Résumé à l'intention des décideurs 25p.
19. GIEC. (2013). Résumé à l'intention des décideurs, *Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques*
20. Le Gozannet G, Amraoui N, et Baills Audrey (2015). Vulnérabilité et adaptation au changement climatique : L'apport des Géosciences, *Géosciences, BRGM*, pp.16-27.
21. Idier B., et Thiébot J.(2013). Dynamique des côtes sableuses et phénomènes d'auto-organisation, *géosciences* n° 17 octobre, pp 37-43.
22. Holman R.A. (1986). Extreme value statistics for wave run-up on a natural beach, *Coastal Engineering*, vol. 9, 527- 544.
23. Jeuck S. (2018). Digue de protection contre les submersions : état de l'art et modélisation numérique aux volumes finis du franchissement fluvial et maritime, science de l'environnement, *travail de fin d'étude pour le diplôme d'ingénieur*, Université de Lyon, 91p.
24. Juinger M., et Robin M. (2018). Caractérisation de la morphologie des massifs dunaires de la région Pays de la Loire (France) face au risqué de submersion marine, *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement*, vol 18 n° 2
25. Letortu P., Costa S., et Cantat O. (2012). *Les submersions marines en manches orientale : approche inductive et naturaliste pour la caractérisation des facteurs responsables des inondations par la mer*, climatologie vol.9, pp 31-56.
26. Lerma A.N., Thomas Y.F Durand P., Anselme B., et Carlos A.(2013). Modélisation de submersions marines et leur validation par observation vidéo à Carthagène des Indes, Colombie, *Géomorphologie : Relief Processus Environnement*, vol 19-n°4, pp 481-498.
27. Lerma A. N., Pedreros R., Bulteau T., et Balouin Y. (2018). Stratégies de modélisation des submersions par franchissement de paquets de mer, *Journées Nationales Génie Côtier, Journées-Génie Civil (JNGCGC)*, La Rochelle, France, 9 p.
28. Ndour A. (2015). Evolution morpho-sédimentaire et impacts des ouvrages de protection sur le littoral de Rufisque, Petite côte, *thèse de doctorat*, Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar, 243 p.
29. Nielsen P., Hanslow D.J. (1991). Wave runup distributions on natural beaches, *Journal of Coastal Research*, vol. 7, 1139-1152.
30. Niang-Diop I. (1995). L'érosion côtière sur la Petite-Côte du Sénégal à partir de l'exemple de Rufisque. Passé – Présent – Futur. *Thèse Université, Angers*, tome 1, 318 pp, 112 fig., 47 tab



31. Ovono Z.M et Poitier P. (2019). Le risque inondation dans les petits versants côtiers urbains de Libreville (Gabon). Exemple d'Ogombié et d'Inongui, *les cahiers nantais*, pp 39-49.
32. Paskoff R., (1993). Côtes en danger, *Masson, Paris*, 250 pp, 50 fig.
33. Paskoff R., (1998). La crise des plages : pénurie de sédiments, *Mappemonde 52* ; 11-15p., 2fig.
34. Pinot J. P., (1998). Gestion du littoral. Tome I- littoraux tempérés : côtes rocheuses et sableuses. *Institut océanographique*, Paris, 399 pp, 222 fig
35. Quintin C., Bernatchez P., Jolivet Y. (2013). Impacts de la tempête du 06 décembre 2010 sur les côtes du Bas-Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières et Chaire de recherche en géoscience côtière, Université du Québec à Rimouski. *Rapport remis au ministère de la Sécurité publique du Québec*, Volume I : 48p. + Volume II : 170 p.
36. Rey T., Le Dé L., et Gilbert D. (2017). Leçons tirées du cyclone Pam au Vanuatu (Mélanésie) : aléas côtiers, crues éclair et dommages, *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol 23-n°4.
37. Robin P. (2013). Hydrodynamique extrême en mer près des côtes, *thèse de doctorat en physique*, université de Provence Aix-Marseille I, 339 p.
38. Sagne P., Fall B., Ba K., Sow E.H., et Niang-Diop I. (2020): Impacts of the storm surges on sandy beaches: example of northern coast of Dakar (Senegal); *EWASH & TI Journal, Volume 4 Issue 1*,
39. Sagne P., Ba K., Fall B., Youm J.P.M., Faye G., Sarr J.P.G et Sow E.H. (2021). Cartographie De La Dynamique Historique Du Trait De Côte Des Plages De Guédiawaye Et Malika (Dakar, Sénégal, *EuropeanScientificJournal*, *ESJ*,17(25),214. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n25p214>
40. Sagne P. (2021) : étude morphosédimentaire et historique du littoral de la région de Dakar (Sénégal) : cas des plages des Mamelles, Ouakam, Malibu, Gadaye et Malika. *Thèse de Doctorat Unique, Université Cheikh Anta Diop de Dakar*, 209 pp., 34 tab., 114fig.,
41. Stephan P., Suanez S., et Fichaut Bernard. (2010). Franchissement et migration des cordons de gallet par rollover. Impact de la tempête du 10 mars 2008 dans l'évolution récente du Sillon de Talbert (Cotes-d'Armor, Bretagne, *Noréis* n°215 vol 2, pp 59-75.
42. Suanez S., et Fichaut B. (2010). Suivi morpho-sédimentaire de la plage de la Greve Rose entre 2009 et 2010, *rapport de recherche LETG-Brest UMR 6554 CNRS*, Université de Bretagne Occidentale, 11p.
43. Stéphanain A., Balouin Y., Belon R., et Bodéré G. (2011) : Etude complémentaire sur le littoral de la plaine Orientale de Corse – état des

- connaissances sur les impacts des tempêtes sur le littoral. *Rapport final du BRGM RP- 59058-FR* 137pp., 64 ill., 4 ann.
44. Tchindjang M., Mbevo F.P., et Bopda A. (2019). Une Afrique atlantique avec des villes sous l'eau ! Construire des villes côtières sans inondations, construire la ville portuaire de demain en Afrique Atlantique, *édition ecm*, 30 p.
  45. Thior M, Sy A. A, Cissé I, Sané T, Diéye El , B, Ba B, D, Solly B, Descroix L, (2021). « Approche cartographique de l'évolution du trait de côte dans l'estuaire de la Casamance » [http : //mappemonde.mgm.fr/ 131](http://mappemonde.mgm.fr/131), 2021, 17p
  46. Thior M, Sané,T, Diéye, El B. Sy,O Cissokho, D. Ba, B .D, Descroix, L .(2019). "Coastline dynamics of the northern Lower Casamance (Senegal) and southern Gambia littoral from 1968 to 2017, *Journal of African Earth Sciences*", Volume160, 2019, 103611, ISSN1464343X, [https: //doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103611](https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103611). (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1464343X19302663>).
  47. Weissenberger S., Noblet M., Plante S., Chouinard O., Guillemot J., Aubé M., Meur-Ferec C., Michel-Guilloui E., Gaye N., Kane A., Kane C., Niang A., et Seck A. (2016). Changements climatiques, changements du littoral et évolution de la vulnérabilité côtière au fil du temps : comparaison de territoires français, Canadien et sénégalais, *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 16 numéro 3, Vulnérabilités environnementales : perspectives historiques, pp 2-33. URL [http:// vertigo.revues.org/18050](http://vertigo.revues.org/18050); DOI: 10.4000/vertigo.18050
  48. Wöppelmann G., Miguez B.L, et Creach R. (2008). Tide gauge records at Dakar, Senegal (Africa) : towards a 100-years consistent sea-level time series, *European Geophysical Union, General Assambly*, Vienna, Austria, 1 p.



## Antioxidant And Anti-Inflammatory Effects Of Ethanolic And Aqueous Root Extracts Of *Piliostigma Thonningii* (Schumach.) Milne-Redhead

*Sylla Tahiri,*

Université Jean Lorougnon Guede (UJLOG), Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement (LSTE), UFR Environnement, BP 150  
Daloa, Côte d'Ivoire

Université de Montréal, Faculté de Pharmacie, succursale Centre-ville  
Montréal (Québec)

*Dongui Bini Kouamé,*

Université Jean Lorougnon Guede (UJLOG), Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement (LSTE), UFR Environnement, Daloa,  
Côte d'Ivoire.

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p101](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p101)

Submitted: 02 November 2021

Accepted: 10 January 2021

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Tahiri S., & Kouame D.B., (2022). *Antioxidant And Anti-Inflammatory Effects Of Ethanolic And Aqueous Root Extracts Of Piliostigma Thonningii (Schumach.) Milne-Redhead* European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p101>

### Abstract

*Piliostigma thonningii* is a tree with many ethnomedical and medico-religious uses. In Ivory Coast the roots associated with the leaves are used as an antidote for snakebites and for the treatment of gonorrhoea and rheumatism. 2,2-Diphenyl 1-picrylhydrazyl is a free radical. This compound is used to measure the antioxidant activity of a plant by its ability to scavenge free radicals from DPPH. Antioxidants help protect our body against free radicals and thus prevent many diseases. The pharmacological importance of *Piliostigma thonningii* seems to be ignored by a large part of the population. The study of anti-inflammatory activity *in vivo* which consists of provoking an acute inflammation induced in rats by injection of carrageenan. AEPT and EEPT show significant anti-inflammatory activity. They very significantly inhibit the development of paw edema induced by carrageenan. They

significantly reduce the recruitment of immune cells to the inflammatory site. *Piliostigma thonningii* extracts work by blocking the formation of prostaglandins, the substances responsible for inflammation. The results of study suggest that *Piliostigma thonningii* possess some antioxidant properties and provide relief against inflammation making it a possible future therapy for inflammation.

---

**Keywords:** *Piliostigma Thonningii*, Antioxidant, Anti-Inflammatory, IC<sub>50</sub>, DPPH

## Introduction

On the one hand, an antioxidant is an agent that prevents or slows down oxidation by neutralizing free radicals. In the body, cellular respiration generates reactive oxygen species which can be the source of free radicals (Hortense *et al.*, 2021). On the other hand, inflammation corresponds to a set of reactions generated by the body in response to an attack. This can be external like an injury, infection, trauma, or internal like those observed in autoimmune pathologies (Azab *et al.*, 2016).

The West African plant *Piliostigma thonningii*, (Milne-Redhead) belongs to the subfamily Caesalpinioideae in the legume family, Leguminosae/Fabaceae. In African countries *Piliostigma thonningii* is used for various medicinal purposes. The decoction of the leaves and bark is used for the treatment of ulcers, wounds, heart pain, arthritis, malaria, pyrexia, leprosy, sore throat, diarrhea, toothache, gingivitis, cough, and bronchitis. Its roots and twigs are used in the treatment of dysentery, fever, wound infections, cough, and skin diseases (Afolayan *et al.*, 2018). The crude extract of *Piliostigma thonningii* was reported to possess antilipidemic, antibacterial, antihelminthic, and anti-inflammatory activities (Ighodaro *et al.*, 2012). In view of the ethnomedicinal information and uses of *Piliostigma thonningii*, the aim of this study was to investigate *in vitro* antioxidant activities of the aqueous and ethanolic root extracts of this plant, as a preliminary step towards validation of anti-inflammatory effects.

## Materials

### Plant Material Collection and Preparing power

The root of *Piliostigma thonningii* was collected in a forest in the village of Abatta in October 2018 (Abidjan, Ivory Coast). It was identified and authenticated by the botanists of the Laboratory of Environmental Sciences and Technologies, University Jean Lorougnon Guédé Daloa, Ivory Coast. First, the fresh root of the plant was cut and broken into small pieces and oven dried. Then it was crushed to obtain a brown powder and finally kept in a jar.

## Preparing the Experimental Animals

Albino rats weighing between 100-150 g of University Jean Lorougnon Guédé were used. Animals were acclimated during one week before the experiments. They were fed and maintained under standard lighting conditions at a temperature of  $29^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . They were fasted for 24 hours before experiments, while water was given *ad libitum* (Sylla *et al.*, 2021).

## Methodology

### Preparation and Extraction of Plant Material

A modified method as described by Valan & Oladimeji (2021) was used in this part of the study. The preparation of the extracts was done by the standard cold maceration extraction method because the heat destroys the active constituents of the medicinal plant, cold maceration is more suitable than a decoction. Two solvents of different polarity are used, namely distilled water and ethanol. The maceration was then filtered, and the filtrate was dried in a hot air oven set at  $80^{\circ}\text{C}$  for 24 h and weighed again. The difference in the weight was determined and percent of water-soluble and alcohol soluble extractives was calculated (Hortense *et al.*, 2021). The dried extract obtained was kept for experiments. **AEPT** = Aqueous root extract of *Piliostigma thonningii* and **EEPT** = Ethanolic root extract of *Piliostigma thonningii*.

### Qualitative Phytochemical Screening of the Extracts

Qualitative phytochemical screening was done on the two extracts of *Piliostigma thonningii* root using standard procedures described by Sinan *et al.*, (2021) to determine the phytochemicals present in the plant extract. The extracts (5 mg) were dissolved in 50 mL of the respective solvents used for their extraction. The solution was made ready for qualitative phytochemical analysis by the following methods, Table 1.

**Table 1:** Usual methods of phytochemical screening

Phytocompounds	Reagent of identification	Indicator (positive reaction)
Anthraquinones	$\text{NH}_4\text{OH}$	Yellow color
Anthocyanin	$\text{H}_2\text{SO}_4$ and $\text{NH}_4\text{OH}$	Black color
Terpenoids	$\text{CHCl}_3$ , $\text{H}_2\text{SO}_4$	Brown color
Polyphenols	$\text{FeCl}_3$ (2%)	Dark blue or greenish color
Flavonoids	Hydrochloric alcohol, Magnesium shavings and Iso-amyl alcohol	Pink-orange or purplish color
Catechic tannins	Formalin and HCl	Gelatinous precipitate
Gallic tannins	Sodium acetate and $\text{FeCl}_3$	Blue-black color
Free quinones	$\text{NH}_4\text{OH}$	Red to purple color
Saponosides	Foam index	Persistent foam
Alkaloids	$\text{HgCl}_2$ and KI (Mayer)	Reddish-brown precipitate
	Picric acid (Hager) $\text{I}_2$ and KI (Wagner)	Creamy-white precipitate

Coumarins	KOH and HCl	Trouble or precipitate
Sterols and polyterpenes	Acetic anhydride acid and H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Color from purple to blue or green
Mucilage	Absolute ethanol	Flocculent precipitate
Volatile oils	NaOH and HCl	Black color
Cardiac glycosides	CHCl <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Brown color

### ***In vitro* DPPH Free Radical Scavenging Antioxidant Activity**

The antioxidant activities of plant extracts were assessed using their ability to scavenge the activity of the free radicals of the stable 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH). The method of Owolabi *et al.*, (2018) was employed. The 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) is an oxidant having in its structure an odd electron. Its purple color is reduced to yellow colored diphenylpicrylhydrazine when it is in contact with an antioxidant that can release a hydrogen atom or electron to it. The change in color was measured at 520 nm using a UV/Visible light Spectrophotometer (Shimadzu UV-1280). DPPH solution was made by adding 6 mg of DPPH in 100 mL of methanol and allowing it to dissolve. About 2 mL of DPPH solution (0.1 mM) was added to 1 mL of various concentrations of the extracts (0.020, 0.040, 0.06, 0.080, 0.100 mg/mL). A mixture of methanol and DPPH was used as control. All mixtures were vigorously shaken and made to stand in a dark place for 30 min. After this, solution absorbance was measured at 520 nm using a spectrophotometer. The experiments were performed in triplicates and the percentage scavenging activity of the extracts on DPPH radical was calculated on the basis of the formula below (Owolabi *et al.*, 2018)

$$\begin{aligned} & \text{Percentage Scavenging Activity (PSA)} \\ &= \frac{1 - \text{Absorbance of the control}}{\text{Absorbance of the control}} \times 10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Percentage inhibition (PI)} \\ &= \frac{\text{Absorbance of the control} - \text{Absorbance of the sample}}{\text{Absorbance of the control}} \times 100 \end{aligned}$$

IC<sub>50</sub> values were used to express the ability of the extracts to scavenge DPPH. The term “IC<sub>50</sub>” which connoted the concentration of the extract needed to scavenge 50% of DPPH radical, was calculated using the graph of scavenging activity plotted against sample concentration using Microsoft Excel software (Owolabi *et al.*, 2018).

### **Determination of *In vivo* Anti-inflammatory Activity of the Extracts (Carrageenan-induced paw edema model)**

The rats were divided into eight groups (n = 6); Grp 1: negative control (10 mL/kg, Distilled water); Grp 2: positive control (80 mg/kg bw, Diclofenac, reference standard); Grp 3: treated with 50 mg/kg bw of AEPT; Grp 4: treated

with 80 mg/kg bw of AEPT; Grp 5: treated with 160 mg/kg bw of AEPT; Grp 6: treated with 50 mg/kg bw of EEPT; Grp 7: treated with 80 mg/kg bw of EEPT; Grp 8: treated with 160 mg/kg bw of EEPT; Carrageenan (0.1 mL of 1%) was injected into the subplantar tissue of the right hind-paw of each rat. The volume of the carrageenan injected into the foot was measured at 0, 30, 60, 120, and 180 minutes using a plethysmometer. The method of Meshram *et al.*, (2015) was employed. The percentage inhibition (PI) at each time interval was calculated:

$$\text{Percentage inhibition (PI)} = \frac{(Vt - Vo)_{\text{control}} - (Vt - Vo)_{\text{treated}}}{(Vt - Vo)_{\text{control}}} \times 100$$

Where Vt = Volume of the paw edema at particular time interval (t);  
Vo = Volume of the paw before induction of inflammation (0 hour);  
(Vt-Vo)<sub>control</sub> = Volume of edema of the control group of rats;  
(Vt-Vo)<sub>treated</sub> = Volume of edema in the group of treated rats.

### Statistical Analysis

The analysis of variance was used to compare the averages between more than two groups. Values with  $p < 0.05$  were considered statistically significant. Graphs were obtained using the Microsoft Excel 2016 spreadsheet. Statistical analyzes were performed in GraphPad Prism for Windows.

## Results

### Yield Extraction

The percentage yield of ethanolic and aqueous extracts of *Piliostigma thonningii* is presented in Table 2.

**Table 2:** Percentage yield of EEPT and AEPT

Extract	Mass (g)	Yield (%)
EEPT	4.75	9.50
AEPT	4.05	8.10

### Phytochemicals Qualitative Aqueous and Ethanolic extracts of *Piliostigma thonningii*

Phytochemical screening test results of *Piliostigma thonningii* (EEPT and AEPT) are presented in Table 3. The most important types of phytochemicals found in this species are Cardiac glycosides, Sterols and polyterpenes, Terpenoids, Alkaloids, Anthocyanins, Catechic tannins, Gallic tannins, Free quinones, Saponins, Polyphenols and Flavonoids.



**Table 3:** Results of phytochemicals analysis

Secondary metabolites	EEPT	AEPT
Cardiac glycosides	+	+
Coumarins	-	-
Mucilages	-	-
Volatile oils	-	-
Anthraquinones	-	-
Sterols and polyterpenes	+	+
Terpenoids	+	+
Alkaloids	+	+
Anthocyanins	+	+
Catechic tannins	+	+
Gallic tannins	+	+
Free quinones	+	+
Saponins	+	+
Polyphenols	+	+
Flavonoids	+	+
+ = Positive means present, - = Negative means absent.		

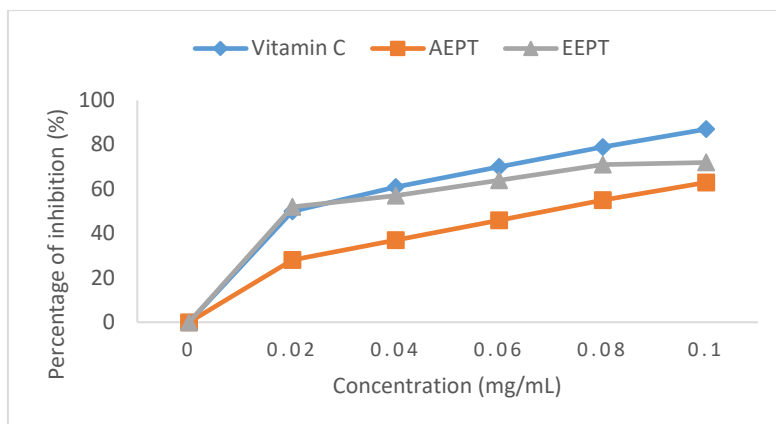
### The free radical scavenging ability of extracts on DPPH

Antioxidant potential is inversely proportional to inhibitory concentration ( $IC_{50}$ ) value which was calculated from the linear regression of the percentage inhibition versus extract concentration. The results of the inhibition study are presented in Figure 1 and Table 4. The results in Table 4 presents the 50% Inhibitory Concentration ( $IC_{50}$ ) values and DPPH radical scavenging activities at 1.00 mg/mL of ethanolic and aqueous extracts of *Piliostigma thonningii*. The result shows that ethanol extract has  $IC_{50}$  value (0.052 mg/mL) and aqueous (0.063 mg/mL) compared with vitamin C which had an  $IC_{50}$  of 0.047 mg/mL.

**Table 4:** DPPH Inhibitory Concentration ( $IC_{50}$ ) of the extracts of *Piliostigma thonningii*

Extract	$IC_{50}$ values (mg/ml)	Scavenging activity at 0.10 mg/ml (%)
EEPT	0.052	80.49 ± 2.44
AEPT	0.063	67.48 ± 3.12
Vitamin C	0.047	90.24 ± 2.44





**Figure 1:** DPPH radical scavenging activities of AEPT and EEPT

### Anti-inflammatory Activity of *Piliostigma thonningii* Extracts (Carrageenan-induced paw edema model)

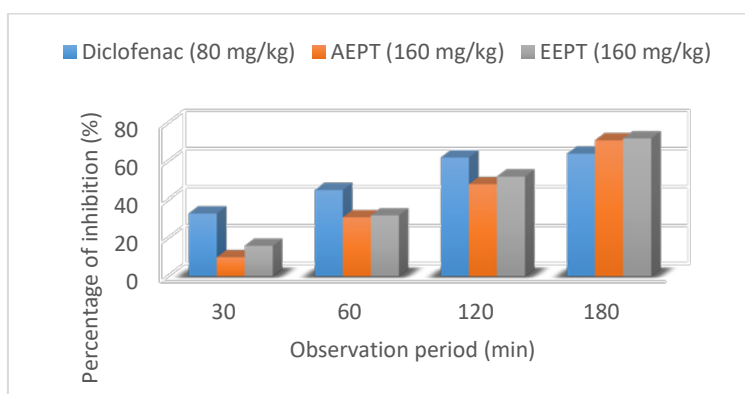
The evaluation of anti-inflammatory activity of aqueous and ethanolic extracts of the roots of *Piliostigma thonningii* (50, 80, 160 mg/kg, p.o.) showed a dose-dependent, significant inhibition of carrageenan-induced rat paw edema from 30 minutes to 180 minutes following drug administration, compared to the control group. The maximum PI of paw edema by the aqueous extract was observed as 66.66, 68.96 and 71.26 at the doses of 50, 100, 200 mg/kg p.o., respectively. The maximum PI of paw edema by the ethanolic extract was observed as 68.96, 70.11 and 72.41 at the doses of 50, 80, 160 mg/kg p.o., respectively. Diclofenac 80 mg/kg p.o. showed a maximum PI of 64.37% at 180 minutes after its administration (Table 5).

The aqueous and ethanolic extracts (160 mg/kg) of *Piliostigma thonningii* inhibits acute inflammation induced by carrageenan (Figure 2). This inhibition is much more pronounced 30 minutes after plantar injection of carrageenan with maximum values observed 3 hours after administration (Figure 2). However, these effects are more important than those observed with diclofenac, a non-steroidal anti-inflammatory used in the study as a reference drug. Indeed, carrageenan is a mucosaccharide whose administration in the intraplantar way to rats causes acute inflammation that induce edema, all under the influence of vasoactive mediators. The AEPT and EEPT (160 mg/kg) inhibits the progression of edema to varying degrees. This suggests that it interferes with the effects which inhibit the release of mediators involved in these phases of inflammation.

**Table 5:** Effect of the AEPT and EEPT with carrageenan-induced paw edema in rats

Groups	Paw volume (mL)					
	Before	0 min	30 min	60 min	120 min	180 min
	PI = Percentage of inhibition (%)					

Distilled water (10mL/kg)	0.99 ± 0.01	1.03 ± 0.02	1.72 ± 0.02	1.90 ± 0.01	2.53 ± 0.03	1.96 ± 0.01
Diclofenac (80 mg/kg)	1.00 ± 0.01	1.02 ± 0.01	1.48 ± 0.03 (33.33)	1.50 ± 0.03 (44.83)	1.60 ± 0.02 (61.59)	1.36 ± 0.01 (64.37)
AEPT (50 mg/kg)	0.99 ± 0.02	1.01 ± 0.03	1.62 ± 0.03 (11.60)	1.71 ± 0.01 (19.54)	1.85 ± 0.03 (44.37)	1.30 ± 0.03 (66.66)
AEPT (80 mg/kg)	0.99 ± 0.02	1.02 ± 0.03	1.55 ± 0.02 (23.19)	1.61 ± 0.03 (32.18)	1.75 ± 0.03 (51.65)	1.29 ± 0.01 (68.96)
AEPT (160 mg/kg)	0.99 ± 0.01	1.03 ± 0.02	1.65 ± 0.03 (10.14)	1.63 ± 0.02 (31.03)	1.84 ± 0.02 (47.68)	1.32 ± 0.01 (71.26)
EEPT (50 mg/kg)	0.99 ± 0.01	1.02 ± 0.03	1.54 ± 0.01 (24.64)	1.61 ± 0.03 (32.18)	1.71 ± 0.03 (54.30)	1.29 ± 0.01 (68.96)
EEPT (80 mg/kg)	0.99 ± 0.01	1.02 ± 0.01	1.63 ± 0.02 (11.60)	1.63 ± 0.03 (29.88)	1.74 ± 0.03 (52.32)	1.28 ± 0.01 (70.11)
EEPT (160 mg/kg)	0.99 ± 0.01	1.03 ± 0.02	1.61 ± 0.03 (15.94)	1.62 ± 0.02 (32.18)	1.76 ± 0.01 (51.65)	1.27 ± 0.01 (72.41)



**Figure 2:** Effect of AEPT and EEPT on inflammation induced by carrageenan in rats

## Discussion

The phytochemical screening of *Piliostigma thonningii* revealed the presence of saponins, triterpenes, tannins, flavonoids, cardiac glycosides and steroids in both types of extract. These compounds could be responsible for the obvious anti-inflammatory activities of the extracts of the plant. This is in line with the report of Ahmadiani *et al.*, (2000) who stated that flavonoids as well as tannins possess anti-inflammatory effects. Phytochemical principles are responsible for the biological activity of plants. The presence of flavanoids, tannins and saponins in the aqueous and ethanolic extracts of *Piliostigma thonningii* root shows that the root may have an array of biological activities. Alkaloids are used as analgesics, antimalarials, antiseptics and antibacterial agents, saponins exhibit natural antibiotics effect by attacking bacteria and fungi (Okwu & Emenike, 2006). Alkaloids help to defend the plant against herbivores and pathogens (Tion *et al.*, 2018). The bioactivities of tannins include cardioprotective activity, histamine release inhibition,

cytotoxic activity, antidiabetic and antiobesity bioactivities (Beretta *et al.*, 2009).

Many plant antioxidant potentials are related to their therapeutic potentials (Eleazu *et al.*, 2011). A higher DPPH radical-scavenging activity is associated with a lower IC<sub>50</sub> value. Therefore, the ethanolic extract had the highest DPPH reducing activity based on its relatively low IC<sub>50</sub> values which was comparable with vitamin C, difference was observed between their IC<sub>50</sub> (EEPT, 0.052; AEPT, 0.063 and Vitamin C, 0.047). A positive result by the aqueous and ethanolic extracts in this test indicates that they contain antioxidants that can scavenge free radicals (Pattanayak *et al.*, 2012). Therefore, it can be used as a source of natural antioxidants and used in drug formulations for treatment of diseases resulting from oxidative stress (Azazahemad *et al.*, 2020)

The carrageenan-induced paw edema model is used to screen the anti-inflammatory activity of a drug in the acute phase of inflammation. Edema induced by carrageenan is believed to be biphasic. (Morais *et al.*, 2020). The first phase (1 hour) involves the release of serotonin and histamine and the second phase (> 1 hour) is mediated by cyclooxygenase products. Continuity between the two phases is provided by kinin (Graczyk *et al.*, 2021). The AEPT and EEPT significantly inhibited the edema formation in both the first and second phases. The anti-edematous activity of *Piliostigma thonningii* in the first phase could be due to the possible suppression of histamine signaling by the mast cell stabilizing effect, and direct inhibition of histamine H<sub>1</sub> receptor and histidine decarboxylase gene transcriptions. Another possible explanation could be the corticotrophic action of *Piliostigma thonningii* as evidenced by a raise in plasma cortisol levels, which antagonizes nuclear factor-kappa-beta (NF-κβ) (Li *et al.*, 2020). In the present study, the anti-edematous activity of the AEPT and EEPT persisted in the second phase with the maximal effect observed at 3 hours. This could be explained by the possible inhibition of the release and/or action of kinin and prostaglandin by *Piliostigma thonningii* (Liu *et al.*, 2020).

## Conclusion

The aqueous and ethanolic root extracts of *Piliostigma thonningii* have *in vitro* DPPH radical scavenging. Therefore, it can be used as a source of natural antioxidants and used in drug formulations for treatment of diseases resulting from oxidative stress. The roots of *Piliostigma thonningii* possess anti-inflammatory activity thus validating the ethnopharmacological claims. This knowledge could be tapped to formulate new agents to treat inflammation.

## Ethical Approval

The experimental protocols were conducted in accordance with the guidelines on the care and use of laboratory animals (Ivory Coast National Ethical Committee for Health Research in 2021).

## Data Availability

All data are available within the manuscript, and additional data are available from the corresponding authors on request.

## Conflicts of interest

The authors declare that no conflicts of interest exist regarding this publication.

## References:

1. Hortense, M. M., Jules Julien, N., Emmanuel, N. N., Kattie, A. L., & C, B. M. (2021). Activité Antioxydante de l'Aloés Schureenfurthii et Maintien de Vitalité des Cellules Parodontales d'une Dent Permanente Immature Expulsée. *HEALTH SCIENCES AND DISEASE*, 22(12). Retrieved from <https://www.hsd-fmsb.org/index.php/hsd/article/view/3181>
2. Azab, A., Nassar, A., & Azab, A. N. (2016). Anti-Inflammatory Activity of Natural Products. *Molecules* (Basel, Switzerland), 21(10), 1321. <https://doi.org/10.3390/molecules21101321>
3. Afolayan, M., Srivedavyasari, R., Asekun, O. T., Familoni, O. B., Orishadipe, A., Zulfiqar, F., Ibrahim, M. A., & Ross, S. A. (2018). Phytochemical study of *Piliostigma thonningii*, a medicinal plant grown in Nigeria. *Medicinal chemistry research: an international journal for rapid communications on design and mechanisms of action of biologically active agents*, 27(10), 2325-2330. <https://doi.org/10.1007/s00044-018-2238-1>
4. Ighodaro O. M, Agunbiade S. O, Omole J. O, Kuti O. A. (2012). Evaluation of the chemical, nutritional, antimicrobial and antioxidantvitamin profiles of *Piliostigma thonningii* leaves (Nigerian species). *Research Journal of Medicinal Plants*, 6: 537-543. <https://doi.org/10.3923/rjmp.2012.537.543>
5. Sylla T., Mahe M. J., & Dongui B. K. (2021). Acute oral toxicity, analgesic effect and healing activity of the root's extracts of *Strophanthus gratus* (Wall. & Hook.) Baill. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 9(6), 37-42. <https://doi.org/10.22271/plants.2021.v9.i6a.1350>
6. Valan M. F., & Oladimeji A. V. (2021) Standardization and Phytochemical Screening activity of *Abrus Precatorius* Linn Root

- Extracts. *Natural Products Chemistry & Research*. 9:1. <https://doi.org/10.35248/2329-6836.21.9.395>
7. Sinan, K. I., Ak, G., Etienne, O. K., Jekó, J., Cziáky, Z., Gupcsó, K., João Rodrigues, M., Custodio, L., Mahomoodally, M. F., Sharmeen, J. B., Brunetti, L., Leone, S., Recinella, L., Chiavaroli, A., Orlando, G., Menghini, L., Tacchini, M., Ferrante, C., & Zengin, G. (2021). Deeper Insights on *Alchornea cordifolia* (Schumach. & Thonn.) Müll.Arg Extracts: Chemical Profiles, Biological Abilities, Network Analysis and Molecular Docking. *Biomolecules*, 11(2), 219. <https://doi.org/10.3390/biom11020219>
  8. Owolabi, O. O., James, D. B., Sani, I., Andongma, B. T., Fasanya, O. O., & Kure, B. (2018). Phytochemical analysis, antioxidant and anti-inflammatory potential of FERETIA APODANTHERA root bark extracts. *BMC complementary and alternative medicine*, 18(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s12906-017-2070-z>
  9. Meshram, G. G., Kumar, A., Rizvi, W., Tripathi, C. D., & Khan, R. A. (2015). Evaluation of the anti-inflammatory activity of the aqueous and ethanolic extracts of the leaves of Albizzia lebbeck in rats. *Journal of traditional and complementary medicine*, 6(2), 172-175. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2014.11.038>
  10. Ahmadiani, A., Hosseiny, J., Semnian, S., Javan, M., Saeedi, F., Kamalinejad, M., & Saremi, S. (2000). Antinociceptive and anti-inflammatory effects of Elaeagnus angustifolia fruit extract. *Journal of ethnopharmacology*, 72(1-2), 287-292. [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(00\)00222-1](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(00)00222-1)
  11. Okwu, D. E., & Emenike, I. N. (2006). Evaluation of The Phytonutrients and Vitamins Content of Citrus Fruits. *International Journal of Molecular Medicine and Advance Sciences*, 2: 1-6. <https://medwelljournals.com/abstract/?doi=ijmmas.2006.1.6>
  12. Tion, M. T., Fotina, H., & Saganuwan, S. A. (2018). Phytochemical screening, proximate analysis, median lethal dose (LD50), hematological and biochemical effects of various extracts of Abrus precatorius seeds in Mus musculus. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 5(3), 354–360. Retrieved from <https://www.banglajol.info/index.php/JAVAR/article/view/38441>
  13. Beretta, G., Rossoni, G., Santagati, N. A., & Facino, R. M. (2009). Anti-ischemic activity and endothelium-dependent vasorelaxant effect of hydrolysable tannins from the leaves of Rhus coriaria (Sumac) in isolated rabbit heart and thoracic aorta. *Planta medica*, 75(14), 1482–1488. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1185797>
  14. Eleazu C. O., Okafor P. N., Amajor J., Awa E., Ikpeama A. I., Eleazu K. C. (2011) Chemical composition, antioxidant activity, functional

- properties and inhibitory action of unripe plantain (*M. Paradisiacae*) flour. *Afr J Biotechnol.* 10(74):16948-16952.  
<https://doi.org/10.5897/AJB10.1180>
15. Pattanayak S. P., Mazumder P. M., Sunita P. (2012) Total phenolic content, flavonoid content and *in vitro* antioxidant activities of *Dendrophthoe falcata* (L.f.) Ettingsh. *Research Journal of Medicinal Plant.* 6:136-148. <https://doi.org/10.3923/rjmp.2012.136.148>
  16. Azazahemad K., Amit M., Siddhesh S., Premlata K., Raghuraj S. and Satyanshu K. (2020). Antioxidant Activities and Phenolics Contents of *Garcinia talbotii* Fruit Rind. *Research Journal of Medicinal Plants*, 14: 104-110. <https://doi.org/10.3923/rjmp.2020.104.110>
  17. Morais, M. G., Saldanha, A. A., Costa Rodrigues, J. P., Cotta Mendes, I., Ferreira, L. M., Avelar Amado, P., de Souza Farias, K., Samúdio Santos Zanuncio, V., Brentan da Silva, D., Carmo Horta Pinto, F., Soares, A. C., & Alves Rodrigues Dos Santos Lima, L. (2020). Chemical composition, antioxidant, anti-inflammatory and antinociceptive activities of the ethanol extract of ripe fruits of *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae). *Journal of ethnopharmacology*, 262, 113125. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113125>
  18. Graczyk, M., Lewandowska, A. A., & Dzierżanowski, T. (2021). The Therapeutic Potential of Cannabis in Counteracting Oxidative Stress and Inflammation. *Molecules* (Basel, Switzerland), 26(15), 4551. <https://doi.org/10.3390/molecules26154551>
  19. Li, F., Huo, J., Zhuang, Y., Xiao, H., Wang, W., & Huang, L. (2020). Anti-nociceptive and anti-inflammatory effects of the ethanol extract of *Arenga pinnata* (Wurmb) Merr. fruit. *Journal of ethnopharmacology*, 248, 112349. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112349>
  20. Liu, N., Zhang, G. X., Niu, Y. T., Wang, Q., Zheng, J., Yang, J. M., Sun, T., Niu, J. G., & Yu, J. Q., (2020). Anti-inflammatory and analgesic activities of indigo through regulating the IKK $\beta$ /I $\kappa$ B/NF- $\kappa$ B pathway in mice. *Food & function*, 11(10), 8537–8546. <https://doi.org/10.1039/c9fo02574j>

## The Challenges Confronting Computerized Health Records System Performance of the Pentecost Hospital, Accra: A Qualitative Study

*Charles Owusu-Aduomi Botchwey,*

University Of Education, Winneba, Faculty Of Science Education,  
Department Of Health Administration And Education, Winneba, Ghana

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p112](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p112)

Submitted: 02 April 2021

Accepted: 26 December 2021

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Botchwey O.A.C., (2022). *The Challenges Confronting Computerized Health Records System Performance of the Pentecost Hospital, Accra: A Qualitative Study* European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 112.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p112>

### Abstract

**Background:** Despite the use of computerized health records systems, its application is fraught with several obstacles, which slow down the pace of operations in Pentecost Hospital in Accra in Ghana.

**Aim:** This study was designed to identify the challenges confronting the Computerized Health Records System performance of the Pentecost Hospital in Accra in Ghana.

**Methodology:** The study espoused a qualitative method with a case study design through a well-structured interview guide and focus group discussions. In all, forty-five (45) respondents including ten (10) principal informers who were purposely selected due to their interest in the performance of the Computerized Health Records System at the Pentecost Hospital in the La Nkwantanang Madina Municipality took part in the study.

**Results and discussion:** The study found that the introduction of the computerized health records system was faced with several challenges and they included inadequate knowledge about computerized health records systems, the breaks in internet connections of the systems, and the like.

**Recommendation:** Effective monitoring mechanisms, provision of adequate financial and economic resources and the involvement of all the stakeholders in providing quality and efficient computerized health record



systems as well as the provision of adequate training are key recommendations for improving the performance of the system.

Conclusion: It is good to mention that efficient application of a computerized health record system which is geared towards efficient quality healthcare would flourish when parity, effectiveness, efficiency, and responsiveness of resource utilization for quality healthcare are considered as the building blocks.

---

**Keywords:** Computerized, health records, healthcare, system performance

## 1. Introduction

The skill of information handling, storing and recovery are self-same important to the operationalization and performance of institutional planning. This is more decisive in the health sector where precision and suitability of healthcare users' records are indispensable in improving efficacy and proficiency in identification, management, and redeemable lives. Patients' histories are critical documents that gather facts about patients' lives and wellbeing. These apprehend data on past and present health conditions and management inscribed by health care professionals caring for the healthcare users (WHO, 2006). The idea of computerized records "refers to records that are dependable on relevant machines for access or reading, that is, computer hardware and software such as e-mails, database, and word processing" (Tafor, 2003).

Information of the file, capability to get it on time, and suitability of patients' medical histories at the right time aid in no small way to save lives and to prevent health hitches. This point has been abridged by Thomas (2009) that "poor records mean poor defense, no records mean no defense." He explained that patients' histories contain a multiplicity of records of patients' histories, medical results, diagnostic test results, preoperative care, operation notes, post-operative care, daily notes of patients' progress and medications. Typically, patients' records serve four key functions: *administrative*, which includes demographic and socio-economic data; *legal* which includes a signed consent for treatment by appointed doctors and authorization for the release of information; *financial*, which relates to the payment of fees for medical services and hospital accommodation and most importantly, *clinical* on the patient, whether outpatient or emergency patient (WHO, 2006). On the financial aspect, Thomas (2009) provides that patients' record-keeping is that the increasing use of medical insurance for treatment makes the insurance companies at times require proper record-keeping to prove the patients' demand for medical expenses and that improper record keeping can result in declining medical claims and challenges.



However, the traditional way of capturing, storing, accessing, and retrieving patients' records at the health facilities in many cases creates some challenges to health professionals and puts patients in a more or less 'dangerous' mood. For instance, Chauke (2008) observes that medical specialists at Nkhesani Hospital in South Africa found it very difficult to carry out a surgical operation on a patient because of 'a missing file'. This patient had been a victim of a car accident in the year 2005 and had a partially paralyzed leg and needed to be operated on. What appears to be much more problematic with the traditional patient record-keeping is that papers could easily get mixed up and might not be found at the time it is needed most.

With people's health and lives at stake, such explanations cannot be endured because as good as one tries to put it, it can never cater for the worsening medical situation of a patient whose records got missing. From the foregoing, it suggests that appropriate patient records keeping is important for proper medical dispensation, while poor patient record-keeping may result in high patient complications and even loss of lives. For instance, it has been noted that almost 80% of complications that occur in health facilities are a result of inaccurate information in medical records, inaccessible records, mislabeled specimens, and misfiled or missing charts (U.S. Department of Health and Human Services, 2006).

Coming to the recognition that patient medical records handling is a hub to medical processes and effective healthcare. Scholars and practitioners have advocated a need to adopt more effective, accurate, and just-in-time processes of capturing, storing, and retrieving patient information. Barry (2001) suggests that organizations need to come up with an electronic system to comply with and implement electronic records management as a necessity. It is a good clarion call that would not only enable improvement in health care options but would, in the long run, result in efficiency, in terms of money, time, and energy to ensure speedy and more interactive service delivery. For instance, the web-based personal medical records (PMR) enable health professionals, 'via interaction and contra-indication checks' to engage with patients in lifelong health information coordination and access to both patients and health service providers (Clarke & Meiris, 2006).

In Ghana, many health facilities have begun to adopt computerized health records management to improve upon service delivery. Despite the benefits healthcare organizations derive from computerized health records systems, its application is bedeviled with several obstacles and it is on this basis that this study seeks to assess the challenges confronting computerized health records systems and the way forward at the Pentecost Hospital in the La Nkwantanang Madina Municipality in the Greater Accra Region in the Republic of Ghana. The study seeks to identify the key challenges that confront the computerized

health records system management process at the La Nkwantanang Pentecost Hospital in Accra.

## **2. Methodology**

The study employed a qualitative method with a case study design. Qualitative research encompasses gathering and evaluating non-numerical evidence. The study used both primary and secondary sources of data. In this research, primary data were collected through a well-structured flexible interview guide and focus group discussions of five respondents in each group of eight to collect data. The study population was the entire Pentecost Hospital Community and the sample size was forty-five (45). The researcher employed purposive sampling techniques to select staff in the ICT department and staff in management positions such as unit heads and supervisors who were deemed to be more knowledgeable in the topic under investigation.

In this qualitative study, the researcher employed tools such as stenography, grammarly, quetext, field notebook, and audio recorder. The stenography assisted the researcher to record the responses of respondents in the shorthands to enable the interview process to move faster than expected without necessarily writing long sentences. Grammarly helped in identifying spelling mistakes and equally correcting grammatical errors during the report writing. The quetext helped to determine plagiarised contents and worked towards their rectification. Additionally, all ethical considerations were highly observed.

In using the in-depth flexible interview guide, questions were based on the main specific objective. Permission was sought from respondents to record the interview between the researcher and the respondents and where respondents declined to be recorded, field notes were taken. To enrich responses from the respondents, a focus group discussion method was added to the individual interviews, resulting in data triangulation.

## **3. Results And Discussion**

### **3.1 Identify the key challenges that confront the computerized health records system management process at the La Nkwantanang Pentecost Hospital in Accra.**

#### **3.1.1 Challenges of computerized patient health record management systems.**

Challenges are bound to occur in the implementation and the use of Computerized Health Records Systems. The Computerized Health Records advancement in Africa, to which Ghana is a part according to Akanbi et al. (2012), Garavand et al., (2015), as well as Khalifahsoltani & Gerami (2010) has had challenges owing to the structural, functional and social deficits peculiar to many developing countries. Hoffman et al. (2008) lamented that

increasingly complex software heightens the likelihood of software failure. In this study, interviewees expressed the misgivings they faced when using the computerized health records system(CHRS). For instance, one interviewee said:

*Computation problems, re-programming of software, hitches in the software were some of the challenges of the system (R 1).*

In terms of the computation problems, Koyner (2012) asserted that users were sometimes unable to analyze or understand its computation. Sittig & Singh (2011) also noted how some features are used inappropriately by users as a result of their lack of education or training and controls which often lead to incorrect documentation of medical records.

Another challenge that strongly came out was the unreliable power supply. Apenteng (2018) noted that the intermittent power supply is popularly known as “Dumsor” meaning “off and on” of electricity affects the general health care delivery system since these CHR systems require a constant supply of electricity to function. One respondent mentioned power outages as a major problem with regard to the use of the CHR system. The power outages offset the operations of the CHR system, frustrate the users, and may damage the system. This phenomenon also affects beneficiaries of the service. Individuals who patronized the service when asked if the use of the CHR had affected their bill, they said the electricity had caused it to go high; the bill had become higher than normal; the computers they were using made it high, and there was an increase from 0.50p to 1.00p. These reports were true since it mitigated the problem caused by the poor power supply, many health centers, and hospitals acquired generators and fuelled them. This creates an increase in the operational cost. More often than not, the cost incurred during this process is transferred to individuals who patronize their services. If this challenge persists they may revert to the paper-record system. One respondent said that: *Halts activities in the hospital, resort to manual usage, and loss of information (R 22).*

As espoused by Tchao et al (2019), the implementation of the ICT and Telemedicine project has been hampered by poor internet services. The poor network connectivity delay impacts the health delivery system and increases operation costs. (Bedeley & Palvia, 2014; Swinfen & Swinfen, 2002). This stalls the information flow within and between departments. The study gathered that this puts a financial burden on the hospital as espoused by one respondent that

*Cost financial burden to the hospital, time involved to get the issue solve affect the organization’s operations (R 7).*

Furthermore, another respondent said that when the system is down it puts pressure on the hospital and delays the work of the hospital.

### **3.1.1.1 Inadequate knowledge in managing the system**

The preliminary study revealed that despite the benefits the health facility had derived from the introduction of the Electronic Health Records System, the system still posed several challenges to the personnel of the Pentecost Hospital in particular and the activities of the hospital in general. The study identified that some of the challenges ranged from system failure through inadequate knowledge in managing the system to cost of operation. The study revealed that the introduction of the CHR was faced with several challenges and notable among them was inadequate knowledge in managing the CHRS. The study observed that even though the majority of the personnel had received training in using the CHRS, some still showed a level of deficiency when it came to managing and updating the system. The study explained that the absence of the system administrator often delayed the retrieval of patients' data. Sometimes, patients needed to wait for long hours in queues to wait for the reactivation of the system and such situations usually increased delivery time and often aggravated some patients' health conditions. The study identified that:

*During the introductory stages of the CHRS, it took a long time before the majority of the personnel became used to it and this was because some of them lacked knowledge in managing the system, during power outages and updating new documents (R 37).*

### **3.1.1.2 Breaks in the network connections of the system**

The study further revealed that the breaks in the network connections of the system, hitches in the software, system breakdown, and data storage problems were some of the technical challenges bedeviling the introduction of the CHRS of the Pentecost Hospital. The study explained that technical problems with the software and the poor intermittent network issues usually delayed data entry of the hospital.

A respondent in the ICT department explained that when the network became very poor, the staff were compelled to use the paper-record keeping system. This unfortunate situation normally put a lot of workload on the few staff doing the data entry, especially, when the data to be entered were voluminous. The respondent added that the staff would have to input all those data documented on papers into the CHRS after the system had returned to normality. The respondent alleged that when the system was overburdened, it usually became too slow to operate.

Personnel in the ICT department lamented that:

*Sometimes when the structure is not there, information cannot be captured and the health facility will put it in the manual form and due to this, the information will be lost, and the server makes sharing of information very difficult (R 12).*

A manager at the facility explained that the hospital had had to battle with some of these challenges especially during the times when the network had become very poor. The manager mentioned that the CHRS of the hospital usually went off in times when network connectivity had been very slow. He whispered:

*The system becomes slow and goes down when there is pressure (R 3).*

### **3.1.1.3 Cost of operation**

A key informant of the facility, on his part, added that the cost of operation had become one of the key challenges of using the CHRS. He explained that even though, the facility had benefited largely from the introduction of the CHRS, the monetary investment into the cost of operation had always been very high. He indicated that the facility had invested much money into the introduction of the system through recruiting system administrators, training them, paying their salaries and allowances, fueling the machines, and meeting other overhead costs.

### **3.1.1.4 Unstable power supply**

A nurse at the facility explained that the unstable power supply was one of the reasons that led to the increase in the cost of operation. She explained that the hospital had to look for an alternative power supply using a generator. She added when there were power outages, they could halt the operations of the facility. She intimated that:

*When there are power outages, they halt the activities of the hospital and the hospital will resort to manual data entry and usage and can lead to loss of information (R 29).*

The study further observed that one of the many challenges confronting the introduction of the CHRS was the financial burden it had had on the hospital and the time involved in getting the issue resolved. The study identified that the cost of operating the ICT system had always been very high and had usually affected the profitability of the facility. The study added that when the cost of operation was very high, it reduced the productivity of the hospital and subsequently affected the profit margins.

## **5. Conclusion**

This study was carried out at the Pentecost hospital in Accra, Ghana to investigate the challenges confronting computerized health records system performance. The study revealed that computation problems, re-programming of software, hitches in the software, unreliability of power supply, poor internet services and inadequate knowledge in managing the system, cost of operations were among the main challenges confronting computerized health

records systems of hospitals. After the introduction of the CHR, the hospital recorded some levels of improvement in the healthcare delivery system and management but there are challenges. Poor internet connectivity and system malfunction were identified in the study as the challenges confronting the system posed. These challenges have the potential to derail the otherwise expected benefits of the computerized health records system. It is, therefore, recommended that management takes steps to eliminate these challenges or find ways to mitigate the effects of these challenges on the performance of the system. For instance, management could create alternatives like the use of an emergency power plant due to an irregular power supply. Moreover, effective monitoring mechanisms, provision of adequate financial and economic resources, and the involvement of all the stakeholders in providing quality and efficient computerized health record systems as well as the provision of adequate training are key recommendations for improving system performance amidst the identified challenges.

### References:

1. Akanbi, M. O., Ocheke, A. N., Agaba, P. A., Daniyam, C. A., Agaba, E. I., Okeke, E. N., & Ukoli, C. O. (2012). Use of electronic health records in sub-Saharan Africa: progress and challenges. *Journal of Medicine in the Tropics*, 14(1), 1.
2. Apenteng, B. A., Opoku, S. T., Ansong, D., Akowuah, E. A., & Afriyie-Gyawu, E. (2018). The effect of power outages on in-facility mortality in healthcare facilities: evidence from Ghana. *Global Public Health*, 13(5), 545-555
3. Barry, R.E. (2001). *Electronic document and records management systems - towards a Methodology for requirements definition*.
4. Bedeley, R., & Palvia, P. (2014). *A study of the issues of E-health care in developing countries: The case of Ghana*.
5. Chauke, O. (2008). No operation as patient file is lost. *Capricorn Voice* 10-12 September: 7. Clarke, J. L., & Meiris, D. C. (2006). Electronic personal health records come of age. *American Journal of Medical Quality*, 21(3 suppl), 5S-15S.
6. Garavand, A., Samadbeik, M., Kafashi, M., & Abhari, S. (2016). The identification and classification of deployment challenges related to electronic health records: a review article. *Shiraz E Medical Journal*, 17(2), e33304.
7. Graetz, I., Huang, J., Brand, R., Shortell, S. M., Rundall, T. G., Bellows, J., ... & Reed, M. E. (2015). The impact of electronic health records and teamwork on diabetes care quality. *The American Journal of Managed Care*, 21(12), 878.

8. Hoffman (2008). Finding a cure: The case for regulation and oversight of electronic health record systems. *Harvard Journal of Law and Technology*, 22(1).
9. Reed, M., Huang, J., Brand, R., Graetz, I., Neugebauer, R., Fireman, B., ... & Hsu, J. (2013). Implementation of an outpatient electronic health record and emergency department visits, hospitalizations, and office visits among patients with diabetes. *Jama*, 310(10), 1060-1065.
10. Sittig, D. F., & Singh, H. (2011). Defining health information technology-related errors: New developments since to err is human. *Archives of Internal Medicine*, 171(14), 1281-1284
11. Swinfen, R., & Swinfen, P. (2002). Low-cost telemedicine in the developing world. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 8(3\_suppl), 63-65.
12. Tafor, V. (2003) Digital technology- Understanding the problems posed by Information Technology in generating and managing records from a third perspective. *ESARBICA Journal*, 22, 72-77.
13. Tchao, E. T., Acquah, I., Kotey, S. D., Aggor, C. S., & Kponyo, J. J.(2019) On Telemedicine Implementations in Ghana.
14. Thomas, J. (2009). Medical records and issues in negligence. *Indian Journal of Urology: IJU: Journal of the Urological Society of India*, 25(3), 384.
15. World Health Organization. (2006). Electronic health records: manual for developing Countries. Available online at <http://www.wpro.who.int/publications/docs/EHRmanual.pdf> (Accessed on January 19<sup>th</sup>, 2020).





## Parametric Simulation and Exergy Analysis of a 30w Ethanol Fuel Cell: A Theoretical Approach

*Emeniru Daniel C,*

Chemical Engineering, Federal Polytechnic Oil and Gas Ekowe,  
Bayelsa State, Nigeria

Chemical Engineering, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria

*Ogoro Zino Bright,*

*Osazee Ogbeifun E.,*

*Owutuamor Fredrick T.,*

Electrical/Electronic Engineering, Federal Polytechnic Oil and Gas Ekowe,  
Bayelsa, Nigeria

*Olawale Adegboyega S.,*

*Oguche John Enemona,*

Chemical Engineering, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p121](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p121)

Submitted: 02 October 2021

Accepted: 17 December 2021

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

### *Cite As:*

Emeniru D.C., Bright O.Z., Osazee O.E., Owutuamor F.T., Olawale A.S., Oguche J.E., (2022). *Parametric Simulation and Exergy Analysis of a 30w Ethanol Fuel Cell: A Theoretical Approach* European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 121.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n03p121>

### **Abstract**

Ethanol has the potential of being an abundant biofuel considering the raw materials and indigenous technology available. Due to its oxidation tendency, higher energy density, nontoxic and environmental affability, several studies have confirmed and emphasized ethanol's choice and adaptability for usage in fuel cells. This paper aimed at parametric simulation and exergy analysis of a 30W ethanol fuel cell using a theoretical approach. The simulation considers 1atm and 65°C operating conditions while making empirically significant assumptions about layer thicknesses and other parameters. Fixed and standard parameters from the literature were applied in the mathematical expressions and models that described the energy, power generation, over-potentials, and the efficiencies inherent in the simulation. From the simulation, voltage loss due to transport contributed about 80% of



the 0.1211 V while total over-potential culminated to the 3.633W irreversible power. The exergy analysis of the simulated 95% Direct Ethanol Fuel Cell (DEFC) gave 89% cell efficiency for the generation of 3,050 kJ energy, 33.80 W ideal power, and 30.28W useful power in a 90 seconds operation at a 1.1267V potential.

---

**Keywords:** Fuel cells, Ethanol, Simulation, Voltage loss, Efficiency, Exergy

## INTRODUCTION

In the bid to rein the greenhouse effect through clean energy, advancement in fuel cell simulation and design has taken the topnotch position in virtually all portable devices and is tending to be another key source of energy alongside the solar power source that is mainly for domestic use. This advancement has remained constant in the quest to develop fuel cells (FC) that will meet economic and environmental quantity and standards.

A fuel cell is an electrochemical device that converts chemical energy directly into electrical energy with high efficiency. Not only on efficient energy generation; about 45% reduction in greenhouse gas emission has been ensured with the use of ethanol (Renewable Fuels Association (RFA), 2021). The ethanol fuel cell has advantages over other fuel cells considering the availability of ethanol directly and the ease in its numerous means of production from agricultural waste. It has high-energy conversion: about 80% and has widespread applications due to its potentials for power generation (Abdulrazzak & Abdullah, 2021). The major drawback of microbial fuel cells that gave the leap for the ethanol fuel cell is the huge amount of catalysts required. These catalysts are not easily synthesized due to high time and resource demand. Hence, they are not readily available commercially or preparatorily (Santoro et al., 2018). Considering the size of the electrical cells, fuel of high economic viability is very important in coupling a high-performance FC. Fuel cells are applicable as sources of primary and backup power in buildings, vehicles, small electrical appliances, electronic gadgets, etc., and are capable of producing more than 250W power. According to the report of Abdullah et al. (2014), the FC energy density for such devices is increasing 3 to 10 times faster than the lithium battery energy density currently in use. When power is the target, energy and power densities at optimum conditions become more important features than efficiency. The world is experiencing global warming, which is mostly caused by the incomplete combustion of fossil fuels and the subsequent emission of damaging non-biodegradable gases (Modupe, et al., 2018). Nigeria is known to be one of the world's major petroleum-producing countries (Oyegoke & Dabai, Techno-economic feasibility study of bioethanol production from a combined

cellulose and sugar feedstock in Nigeria: 1-modeling, simulation, and cost evaluation., 2018). However, petroleum as a fossil fuel, as well as other chemicals are important sources of power in cells, the use of bio-fuel is preferred due to the leverage on health and environmental friendliness. Studies have not denied the preference of hydrogen to other fuels as the most benign. However, generating hydrogen requires a very complex and costly system. However, methanol remains the fuel with very high electrochemical activity till date, its lethargic anode kinetics and high fuel crossover (Elleuch, Halouani, & Li, 2016) begot its relegation in fuel cell applications. Hence, research reportage on the continuing quest for a better alternative has brought ethanol to the fore in recent applications and studies. Ethanol, as bio-fuel, is an alternative to fossil fuel having high octane number, high heating value and undergoes complete combustion in automobiles due to its high oxygen content, which leads to fewer emissions of poisonous gases (Ajayi, Rasheed, Abiodun, & Toyese, 2020). As alcohol, it has comparable energy density to that of fossil fuels - gasoline and diesel (Braide, Kanu, Oranusi, & Adeleye, 2016). It is preferred for its oxidation tendency, higher energy density, nontoxicity, lower crossover rate and environmental friendliness (Zakaria, Kamarudin, & Timmiati, 2016). It is also readily and naturally available as well as abundant. While Nigeria was aiming at 1.27 billion liters (335 million gallons) of ethanol for the year 2011 (Agboola & Agboola, 2011), the world production stood at 22.5 billion gallons (Renewable Fuel Association, 2018). The Nigerian urban and rural areas are typical of heavy biomasses, waste constituents, and plant parts and products inherent for ethanol production. Traditionally, in energy generation, biomass and waste constitute 74% while oil, natural gas and hydropower consist of 13%, 12% and 1%, respectively (Oyegoke, Dabai, Muhammed, & Jibril, 2017). Ethanol is a biofuel chiefly gotten via the biochemical process of fermentation and biodegradation of agro-allied products: palm-wine, food crops, plant parts, biomasses, and even municipal waste. The advent of ethanol heralds an era of renewable and clean energy fuel with relative equivalent performance and efficiency (Saisirirat & Joommanee, 2018) with other energy sources hence the arrival of the Direct Ethanol Fuel Cell (DEFC). There is yet no fuel cell that has met the optimum parameter (conditions and materials) for an ideal fuel cell in terms of operating temperature and pressure, electrolyte and membrane type, cell structure, the exchangeable ions, and the reactants in the electrolyte; hence fuel cells are classified based on these parameters. Every operating condition and material consideration for a fuel cell has its demerits, thus, substantial considerations in simulations, models, and designs are based on availability and convenience. To conserve, hence reduce losses, simulations for power generation need a lot of loss control and performance improvement. Therefore, the use of thin

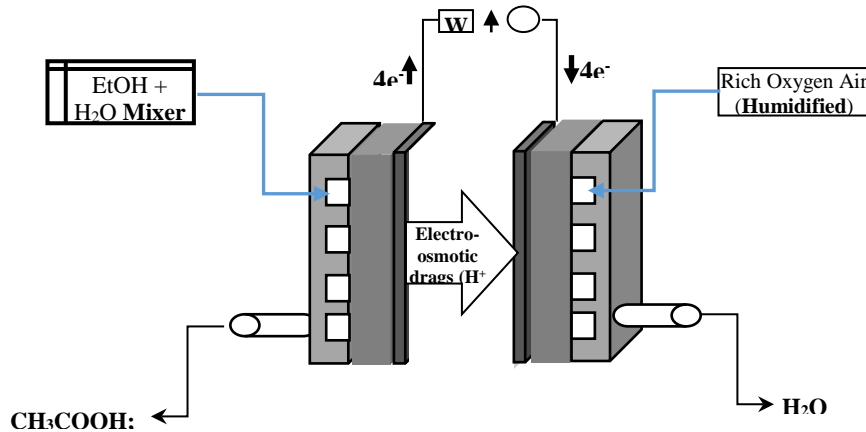
materials implies a lighter product with reduced losses due to resistivity and improved conductivity for performance enhancement.

Low ethanol permeability and high conductivity are primary features of a suitable electrolyte membrane for DEFCs. Amidst SiC ceramic membrane (Back-Sub & Young-Hoon, 2016); and polybenzimidazole (PBI), polyvinyl alcohol (PVA), and sulfonated poly-ether ether ketone (SPEEK) (Zakaria, Kamarudin, & Timmiati, 2016). Research has reported anion exchange membrane (AEM) as more suitable in DEFC design and setup (Back-Sub & Young-Hoon, 2016). The preference of electrocatalyst is measured by the lowest possible onset potential: DHE - dynamic hydrogen reference electrode (Abdullah, Kamarudin, Hasran, & Daud, 2014). Song & Tsiakaras (2006) reported DHE 85 for PtSn/C at the same condition where PtRu/C and Pt gave 200 and 380, respectively.

In every FC design as in DEFC, voltage losses have remained a limitation. Voltage losses, polarization or over potential include activation loss due to charge transfer reactions at electrodes, loss due to fuel crossover from anode to cathode, Ohmic loss due to materials' conductivity, concentration loss due to transfer resistance, and reactant availability at reaction sites, and other traces of losses. Fuel cross over to the cathode reduces the amount of ethanol available for power generation. Energy leakage due to poor material contact and the energy loss due to heat in materials of poor conductivity reduce the quantity of useful energy. Transfer resistances due to pore blockage and flooding limit the amount of the reactant (EtOH/O<sub>2</sub>) needed at the reaction sites to generate the expected energy.

However, in the simulation model, these losses can be managed depending on the amount of expected power, materials (electrode, diffusion layer and, catalyst, and electrolyte membrane) used, as well as the cell operating condition. These losses define the system's irreversibility. It is noteworthy that FC models, simulations, designs and the consequent manufacture is tailored towards electrical power generation for electrical appliances. The performance of any FC is mirrored by the simulated efficiencies. The efficiencies that can be simulated in a FC model and design encompass the thermodynamic efficiency (reversible efficiency,  $\epsilon_{th}$ ), the ideal electrochemical efficiency ( $\epsilon_{elect}$ ), and the cell efficiency ( $\epsilon_{cell}$ ) among other efficiencies and performance measures as shown in Figure 1

These extensive theoretical and empirical studies on DEFC are geared towards hastening and strengthening its application in portable electronic devices. Amidst other shared merits of the DEFC, it is typical of fuel replacement, rapid starting, low operating temperature and comparative high current density. Chiefly, the literature has reported virtually on the mathematical modeling, and the current and potential of DEFC. In the recent past, few works have considered simulation and exergy analysis in fuel cells.



**Fig 1:** Schematic Diagram for the Ethanol Bio-Fuel Cell

Studying the possible configuration of hybrid power plants, Abdulrazzak and Abdullah, (2021) considered theoretical simulation and exergy analysis. In a bid to improve reactant usage for higher efficiency, Mert, Toprak, and Depci, (2019) looked at the simulation and exergy of several proton exchange membrane (PEM) FC flow channels. Temperature enhancement of FC performance has gotten wide reportage over a decade now. The simulation and exergy of high-temperature membrane fuel cell has been studied in (Haghighi & Sharifhassan, 2016), even though this work did not give empirical concern to the fuel and its chemistry. Works on the exergy analysis of alcohol fuel cell have been very scanty with much interest given to Methanol amidst the few studies reported. The literature has no report or study on the simulation and exergy of a DEFC for a specific power generation. This work, therefore, considered the empirical chemistry of ethanol as a direct fuel for a parametric simulation and exergy analysis of a 30W fuel cell. The simulation would expose parameters, besides standard values, that can sway the power generation and the over-potential with respect to the available materials and the target power output.

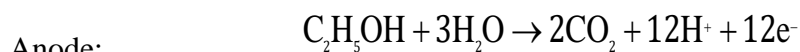
## Simulation

### The Simulation Considerations

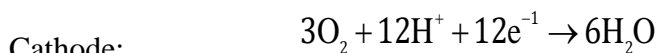
Low feed concentration has been reported as a key parameter to mitigate ethanol crossover via reducing the electro-osmotic drag of ethanol and as well limiting the current density, and vice versa (Zakaria, Kamarudin, & Timmiati, 2016), hence  $0.003 - 0.005 \text{ mol/cm}^3$  and  $0.03 - 0.05 \text{ g/s}$  were supposed optimum in this simulation. This simulation considered a 95% ethanol of density  $0.789 \text{ g/cm}^3$  and molar mass  $46.07 \text{ g/mol}$ . A 20% ethanol aqueous solution formed from 19ml 95% EtOH and 76ml distilled water. A  $2 \text{ cm}^3/\text{s}$  EtOH feed rate was used.

The actual efficiency and performance of DEFC is low attributive to the incomplete oxidation to  $\text{CO}_2$  resulting from slow electro-oxidation (EOR) due to a low operating temperature (Song & Tsiakaras, 2006; Abdullah, Kamarudin, Hasran, & Daud, 2014). To attain a near empirical simulation, a steady-state complete conversion of ethanol to acetaldehyde ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) then to acetic acid ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) and  $\text{CO}_2$  was assumed.

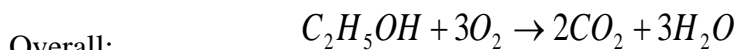
Ideally, the elementary equations for the complete ethanol oxidation is given as:



(1)



(2)



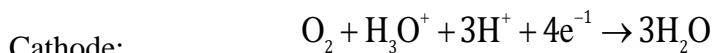
(3)

Therefore, the incomplete oxidation typical of acetic acid formation was considered as:

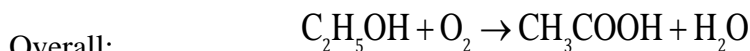
Anode:



(4)



(5)



(6)

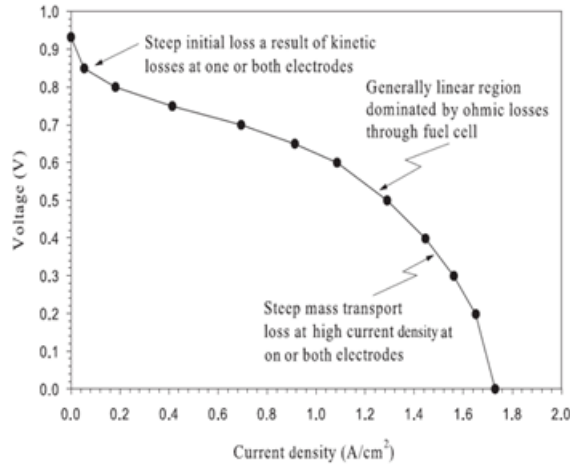


Fig 2: The Polarization Curve

Considering that elementary reaction order cannot be fractional, anodic oxidation order of 1.0 and the ORR order of 0.75 were used. Voltages between 0.5 and 0.6V at normal operating loads are typical for a real fuel cell and can reach 1.1 V at open-circuit conditions. It follows that electrochemical efficiency can typically be approximated between 40 and 50% for open circuit conditions and reaching 90% (Mench, 2008). All current densities considered for the over-potentials were obtained from the polarization curve (Fig. 2). The linear region of the curve showed current density ranging 1.1 - 1.3 A/cm<sup>2</sup> typical for ohmic losses,  $i = 0.06 \text{ A/cm}^2$  current density was obtained from the activation region. Anodic and cathodic charge transfer coefficients adopted were 0.089 and 1.00 respectively (Saisirirat & Joommanee, 2018; Andreadis, Podias, & Tsiakaras, 2008).

Nafion 112: 51 $\mu\text{m}$  and  $\approx 60\mu\text{m}$  thick in a wet state (Mench, 2008), graphite plate (GP) were chosen as the cell membrane and the current collector respectively. Anode and cathode diffusion and catalyst layer was assumed to be of equal dimension and that electro oxidation occurs in the middle of the CL. A 250 $\mu\text{m}$  DL thickness of 20% polytetrafluoroethylene (PTFE) and  $2 \times 10^4 \text{ S/m}$  conductance was considered. A  $30 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$  contact resistance for a Landing to channel ratio of 3:1 was adopted. Due to the low operating temperature and rapid diffusion, anodic polarization was assumed negligible.

At the cell operating condition, the humidified air is generated at 80 $^\circ\text{C}$ , 1atm and would enter the cell at 65 $^\circ\text{C}$ , 1atm. Characteristic values of  $m$  and  $n$  from several fitted polarization curves for a Polymer Electrode Fuel Cell (PEFC) fall around  $3 \times 10^{-5} \text{ V}$  and  $8.00 \text{ cm}^2/\text{A}$  respectively (Mench, 2008). The current density that compels reactant mass transport at the electrodes for a typical operating condition of a PEFC ranges 1.0 – 1.55A/cm<sup>2</sup> for mild to steep loss (Ehlinger, Andrew, Ahmet, & Adam, 2020; Mench, 2008).

### The Simulation Assumptions

At the cathode, considering voltage loss due to oxygen concentration, exchange current density ( $i$ ) was constant and transfer resistance for the oxygen reduction reaction negligible. The relative humidity of unity was considered for the humidified air carrying and charging the oxygen. All likely chemical energies in the reaction went into electrical work, hence there was no heat transfer and no entropy change.

Over-potential due to electrical short circuits, mixed-potential due to EtOH crossover, ionic and electronic transfer, etc. can be managed via design consideration and material selection, hence were regarded negligible.

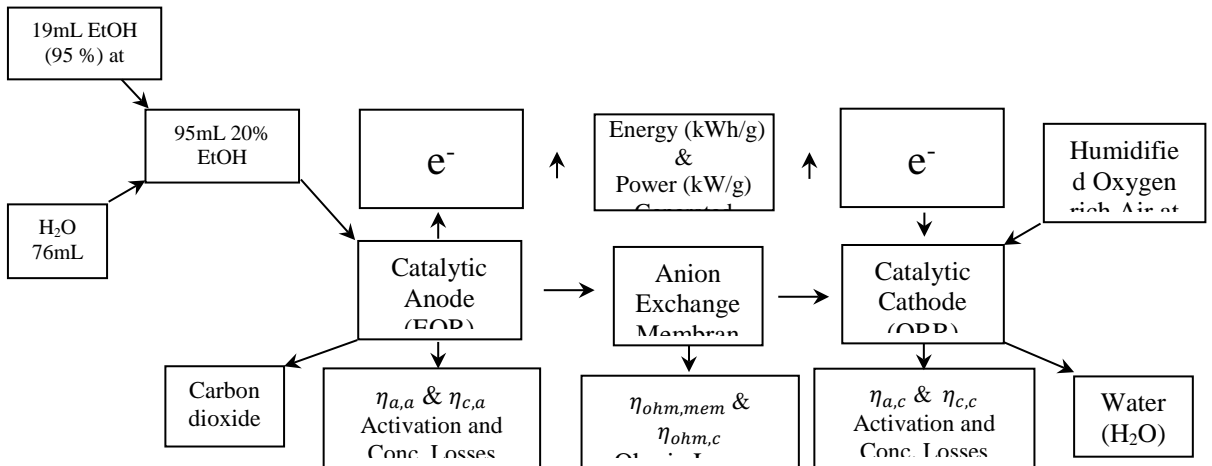


Fig 3: Process Flow Diagram for the Ethanol Bio-Fuel Cell

### The Simulation Calculations

A  $0.01627 \text{ mol/cm}^3$  reference concentration was calculated for the 95% ethanol stock and a  $0.0034 \text{ mol/cm}^3$  feed concentration was considered from the 20% ethanol feed. The process flow diagram showed a 95mL reservoir of 20% ethanol charged at the Cell operating temperature ( $65^\circ\text{C}$ ) and  $2 \text{ cm}^3/\text{s}$ ; therefore,  $0.0068 \text{ mol/s}$  of ethanol was charged into the cell channels.

The cell stoichiometry showed the release of  $4e^-$  from the oxidation of 1 mole EtOH, giving a  $0.0272e^-$  release for 0.0068 moles fed. The cell open circuit current from Faradays second law relation for a  $0.0068 \text{ mol/s}$  feed and  $0.0272$  electron charge released was calculated as  $17.846\text{A}$ ; taking  $F = 96485\text{C}$ :

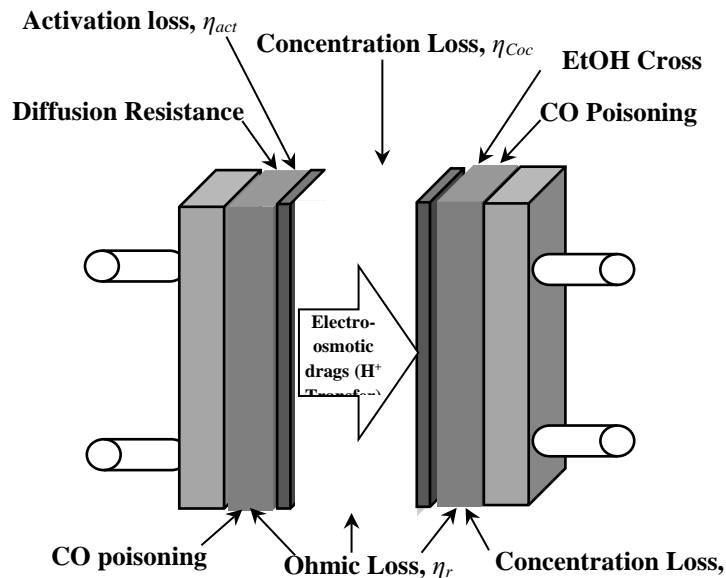
$$I_o = i_o A = NnF = 0.0068 \times 0.0272 \times 96485 = 17.846\text{A} \quad (7)$$

Current and power losses in FCs depends on the application of resistivity concept. Practicably, the thinnest materials are considered. Thus, a cell of  $0.41\text{cm}$  componential thickness,  $10\text{cm}$  height and  $5\text{cm}$  width will give  $50\text{cm}^2$

2D contact surface available for current flow. Therefore, the anodic reference exchange current was  $0.3569\text{Acm}^2$ :

$$i_{o,ref} = 17.846\text{A}/50\text{cm}^2 = 0.3569\text{A.cm}^{-2} \quad (8)$$

With  $C_{ref,EtOH} = 0.01629\text{mol/cm}^3$  and  $C_{F,EtOH} = 0.0034\text{mol/cm}^3$ ; considering the elementary reaction order 1.0, the exchange current density:  $0.0744\text{Acm}^2$  was calculated;



**Fig 4: DEFC Schematic showing Points of Losses**

**Activation Loss:** Predicting low polarization, the Butler–Volmer (BV) facile kinetic model was applied:

$$\eta_a = \frac{i}{i_o} \frac{RT}{(\alpha_a + \alpha_c)F} = \frac{i}{i_o} \frac{RT}{nF} \quad (9)$$

Taking  $i = 0.06\text{A/cm}^2$  and 0.089 and 1.00 anodic and cathodic charge transfer coefficients respectively, 0.0216V was lost due to activation:

$$\eta_a = \frac{i}{i_o} \frac{RT}{nF} = \frac{0.06 \times 8.314 \times 338}{0.0744 \times 1.089 \times 96485} = 0.0216$$

Ohmic (Conduction) Loss is chiefly due to Current flow, hence is based on the concept and law of resistivity. Reducing Ohmic losses entails applying the thinnest and highest possible conductivity material components (electrolyte, catalyst and diffusion materials) in the cell design and manufacture.

Ohms Law:  $V = IR = iAR = iA(l/\sigma A)$

$$(10)$$



Thus:

$$\eta_r = iA \sum_{j=1}^n l_j / \sigma_j A = \eta_{\text{ionic}} + \eta_{\text{elect}} + \eta_{\text{contact}} \quad (11)$$

$$\eta_r = iA \left\{ \left( \frac{l_a}{\iota_a \sigma_a A} + \frac{l_e}{\sigma_e A} + \frac{l_c}{\iota_c \sigma_c A} \right) + \left( \frac{l_{GP}}{\sigma_{GP} A} + \frac{l_{DL}}{\sigma_{DL} A} + \frac{l_{CL}}{2\sigma_{CL} A} \right) + \frac{R_{GBP}}{A_L} + \frac{R_L}{A_L} \right\} \quad (12)$$

Having a cell of 0.41cm thickness and 10cm height, 4.1cm<sup>2</sup> active area would be available for Ohmic loss. In a demonstrative estimation, Mench (2008) reported that thin electrolytes support high current densities. Therefore, for a 1.10A/cm<sup>2</sup> when electro oxidation occurred at the middle of the CL, taking respectively 30% and 40% anode and cathode ionomer ( $\iota$ ) equivalents, 9.70x10<sup>-6</sup>V was lost due to ion conductivity for a 59 $\mu$ m thick wet Nafion<sup>®</sup> 112 (Mench, 2008):

**Ionic Loss:**

$$\eta_{\text{ionic}} = i \left( \frac{l_a}{\iota_a \sigma_e} + \frac{l_e}{\sigma_e} + \frac{l_c}{\iota_c \sigma_e} \right) = 1.10 \left( \frac{2.5 \times 10^{-6}}{0.3 \times 5} + \frac{59 \times 10^{-6}}{10} + \frac{2.5 \times 10^{-6}}{0.4 \times 5} \right) = 9.6984 \times 10^{-6} \text{V} \quad (13)$$

The flexibility of the woven-carbon-cloth DL makes for its durability hence its preference to the bristle nonwoven-paper DL that can barely withstand mechanical strain (Mench, 2008). Hence 7.84x10<sup>-7</sup>V was lost due to electron mobility in the 0.025cm thick DL of 20% polytetraflouroethylene (PTFE) of 2 x 10<sup>4</sup> S/m conductance:

**Electronic Loss:**

$$\eta_{\text{elect}} = i \left( \frac{l_{GP}}{\sigma_{GP}} + \frac{l_{DL}}{\sigma_{DL}} + \frac{l_{CL}}{2\sigma_{CL}} \right) = 1.10 \left( \frac{4 \times 10^{-3}}{2 \times 10^4} + \frac{25 \times 10^{-5}}{2 \times 10^4} + \frac{5 \times 10^{-6}}{2 \times 5} \right) = 7.84 \times 10^{-7} \text{V} \quad (14)$$

For a 3:1 Landing to Channel ratio:  $A_{GP} = 0.75A = 0.75 \times 4.1 = 3.075 \text{cm}^2$  and for the DL-CL contact surface area which is equal the 2D surface area of either the DL or the CL:  $A_L = 5 \times 10 = 50 \text{cm}^2$ .

**Contact Loss:**

$$\eta_{\text{contact}} = iA \left( \frac{R_{GP}}{A_{GP}} + \frac{R_L}{A_L} \right) = 1.10 \times 4.1 \left( \frac{30 \times 10^{-3}}{3.075} + \frac{30 \times 10^{-3}}{50} \right) = 0.0467 \text{V} \quad (15)$$

Therefore;

$$\eta_r = 9.6984 \times 10^{-6} + 7.8375 \times 10^{-7} + 4.671 \times 10^{-2} = 0.0467 \text{V}$$

At the operating condition, water in the cell remains in its vapour state and the saturated pressure of the humidified air: 0.2564 atm and 0.4706 atm were estimated at the respective temperatures 65°C and 80°C.

$$P_{atm.}(T) = -2846 + 411.24T - 10.554T^2 + 0.16636T^3 \quad (16)$$

The amount of oxygen in the humidified air available for the cell oxidation reactions was estimated from the concentration of the water and air using the Relative Humidity (RH) relationship. Given that dry air contains approximately 21% Oxygen, 0.1562 fraction of Oxygen  $CO_{2,s,65}$  was available for the oxidative reaction at the operating condition. That is, for 0.1112 fractions of Oxygen ( $CO_{2,s,80}$ ) in the humidified air at 80°C; more oxygen is available for the cell operation at 65°C.

$$RH = \frac{P_i}{P_{sat}(T)} = \frac{y_{vap} P_T}{P_{sat}(T)} \quad (17)$$

Taking a unit electron transfer ( $z = 1$ ) and ORR order of 0.75 for negligible anodic transfer resistance at no change in exchange current density ( $i$ ); 0.0073V was lost due to availability of oxygen at the electrodes, giving gas constant (R): 8.314J/mol.K for a 1 Faraday charge. That is,

$$\eta_o = \eta_{oa} + \eta_{oc} = 0 + \eta_{oc} = \eta_{o(65)} - \eta_{o(80)} = \frac{RT}{(z + \gamma)F} \ln\left(\frac{C_{O_2,s,65}}{C_{O_2,s,80}}\right) \quad (18)$$

$$\text{And } \eta_o = \frac{R}{(z + \gamma)F} [T_{65} \ln C_{O_2,s,65} - T_{80} \ln C_{O_2,s,80}] \quad (19)$$

The concentration loss can be averted if EtOH transfer to the electrode surface is greater or equal to the rate of consumption. Empirically, at the anode, Larminier and Dicks (2003) have suggested polarization due to concentration as a simple model of a complex fuel cell. Taking  $m = 2 \times 10^{-5}V$  and  $n = 7 \text{ cm}^2/A$ , at current density 1.1A/cm<sup>2</sup>, the cell is inherent of 0.0442V loss due to transfer resistance.

$$\eta_m = me^{ni} = 0.0442V \quad (20)$$

Therefore, 0.0515V is lost due to concentration:

$$\eta_{Conc} = \eta_o + \eta_m = 0.0073 + 0.0442 = 0.0515V \quad (21)$$

Therefore, the simulated cell was inherent of 0.1211V over-potential due to activation, conduction and concentration losses:

$$V_L = \eta_a + \eta_r + \eta_{Conc..} = 0.0229 + 0.0467 + 0.0515 = 0.1211V \quad (22)$$

Thermodynamically, 452.47kJ energy generation is estimated per mole of EtOH consumed in the cell. As indicated in the cell reactions, 9.84kJ/g specific energy can be generated by 1M EtOH:

$$\psi = \frac{-\Delta G^{\circ}_{\text{cell}}}{M_{\text{EtOH}}} = 9.84 \text{kJ/g} \quad (23)$$

Applying the Nernst equation for the stoichiometric cell reaction ( $4e^-$  transfer); the minimum possible voltage that is, thermodynamic voltage, to drive the cell reaction without irreversibility is the cell *emf* estimated as:

$$E_o = \frac{-\Delta G^{\circ}_{\text{actual}}}{nF} = 1.1724 \text{Volts SHE} \quad (24)$$

Giving the available cell potential as

$$E_{\text{cell}} = E_o - V_L = 1.0513 \text{V} \quad (25)$$

Recall, the cell operates at a constant temperature. However, increased thermal energy enhances the cell reaction. To maintain the operating temperature while trying to maintain and/or enhance the cell reaction, the cell voltage adjusts above the thermodynamic voltage. This adjusted voltage becomes the thermoneutral voltage ( $E_{\text{th}}$ ) if its product with current generated heat to drive the process while keeping the operating temperature constant. In view that the reaction energies went into useful work and the rate of entropy change being zero, the  $E_{\text{th}}$  is the maximum voltage for the reversible adiabatic process.

$$\Delta H_{298} = -1370 \text{kJ/mol EtOH}$$

$$E_{\text{th}} = \frac{-\Delta H}{nF} = 3.549 \text{V} \quad (26)$$

Based on the conservation of current ( $i_{\text{cell}} = i_a = i_c$ ), and for the current flow area of  $50 \text{cm}^2$  and a current density of  $0.6 \text{A/cm}^2$  from the Ohmic region of the polarization curve (Fig 2); the cell is capable of a 30A. Evoking Watt's law: 106.50W power was generated from the maximum voltage and the irreversible power ( $P_L$ ) of the cell (3.633W) was estimated from the 0.1211V lost voltages:

$$P = IV = I\eta_{i=a,r,C} \quad (27)$$

$$P_L = I(\eta_{\text{act}} + \eta_r + \eta_{\text{conc}}) = 0.6871 + 1.4011 + 1.5451 = 3.633 \text{W} \quad (28)$$

In view of fuel dilution and low fraction of oxygen in the humidified air in operation, the *emf* of the cell cannot be considered as the ideal voltage of the cell hence cannot assess the ideal power of the cell (Gaggioli & Dunbar, 1993). The specific electrical power is generated for a 90-second operation (kW/g).

$$p_{\text{cell}} = \frac{-\Delta G^{\circ}_{\text{cell}}}{90 \text{MW}} = 0.1092 \text{kW/g} \quad (29)$$

Therefore, at 0.31g EtOH feed, 90 seconds operation, 3.05kJ of energy is produced resulting in 33.89W of ideal power generation and 1.1267V ideal voltage.

$$P_G = 0.31 * p_{cell} = 0.03389kW \quad (30)$$

### Efficiency

Under reversible conditions, the possible thermodynamic efficiency gives the ratio of the actual electrical work to the potential electrical work. Thus, the ratios: minimum expected voltage:  $E_o$  (1.1724V) to thermoneutral voltage:  $E_{th}$  (3.549V) gave a 33% reversible efficiency ( $\epsilon_r$ ) and actual cell voltage  $E_{cell}$  (1.0513V) to the thermoneutral voltage give a 30% actual efficiency ( $\epsilon_I$ )

$$\epsilon_r = \frac{E_o}{E_{th}} = \frac{\Delta G^\circ}{\Delta H} = \frac{1.1724}{3.549} = \frac{452.45}{1370} = 0.33 \quad (31)$$

$$\epsilon_I = \frac{E_{cell}}{E_{th}} = \frac{1.0513}{3.55} = 0.30 \quad (32)$$

The proportion of the actual power output ( $P_{act}$ ) with respect to the ideal power ( $P_i$ ) indicates the FC Efficiency ( $\epsilon_{cell}$ ). Therefore, 89% efficiency is expected for a 1.0513V cell of 1.1724V emf.

$$\epsilon_{cell} = \frac{P_{act}}{P_i} = \frac{30.16}{33.89} = 0.89 \quad (33)$$

Considering 0.5V working ideal voltage and 0.1A/cm<sup>2</sup>, a conforming electrochemical efficiency of 43% was calculated.

$$\epsilon_{elect} = \frac{V_i}{E_o} = \frac{0.5}{1.1724} = 0.4265 \quad (34)$$

Ideally, the FC is expected to have 39% and 14% Potential efficiencies under reversible and ideal electrochemically operating conditions respectively:

$$\epsilon_{P,rev} = \epsilon_{cell} * \epsilon_{elect} = 0.90 \times 0.43 = 0.38.7 \quad (35)$$

$$\epsilon_{P,ideal} = \epsilon_{th} * \epsilon_{elect} = 0.33 * 0.43 = 0.14 \quad (36)$$

### The DEFC Operation

The 30W simulated DEFC operated with a 3.4M aqueous ethanol solution prepared from 95% ethanol and distilled water and fed to the anode via the cell flow channels. Through the DL, the EtOH solution diffused to the catalyst where the oxidation of EtOH and reduction of water took place. At 2cm<sup>3</sup>/s EtOH dosed, considering PtSn/C electrocatalyst at 65°C, the redox reactions released charges (H<sup>+</sup> and e<sup>-</sup>) and produce CH<sub>3</sub>CHO which oxidized further to CH<sub>3</sub>COOH and CO<sub>2</sub>. The protons (H<sup>+</sup>) were transferred by potential difference via the PEM (Nafion<sup>®</sup>127) to the cathode and the electrons drawn from the anode, passing through the external circuit (Load) as direct electric current, to the cathode. At the cathode, oxygen from the humidified air promoted the cathodic charge transfer reactions thus producing water. Note: at the membrane, the electrodes, layers, and the electron transfer materials; as

well as operating conditions, potentials were lost thus power generated was not the power available.

Table 1: Summary of exergy analysis of the direct 95% ethanol fuel cell (DEFC)

Parameter	Value
Thermodynamic Voltage ( $E_0$ )	1.1724V
Cell Voltage ( $E_{cell}$ )	1.0513V
Cell Overpotential	0.1211V
Ideal Voltage of Cell	1.1267V
Electrical Energy	3.050kJ
Ideal Power	33.79W
Actual Power	30.16W
Irreversible Power	3.633W
Reversible efficiency	33%
Irreversible efficiency	30%
Cell efficiency	89%
Gibbs Free Energy ( $\Delta G^0$ )	-452.47kJ/mol
Enthalpy ( $\Delta H^0$ )	-1370kJ/mol

## Discussions

The low feed concentration of 20% EtOH and the 2cm<sup>3</sup>/s dosing rate that generated the 3.042kJ energy was a pointer ascertaining the viability of ethanol in substantive power generation even at very low amounts.

Though high cell operating temperature will ensure quick and easy start of the cell reactions, the energy expended in the cell ignition enhances the losses due to activation. The nonspontaneous 65°C operating temperature resulted in the 0.0216V considerable loss. At low operation temperature typical of low to negligible loss; a feasible and readily functional cell is very likely unattainable. From the model, increase in operating temperature brings about an increase in activation over potential; for every 10° rise in operation temperature; the over potential increases by 0.0006V.

Following the advent of very suitable membrane and layer materials inherent of adequate ion, and electron mobility and transfer; 59µm thick wet Nafion® 112, 0.025cm thick woven-carbon-cloth DL of 20% polytetrafluoroethylene (PTFE) was considered thus ensuing the 8.91x10<sup>-6</sup>V loss due to ionic and electronic conductivity. This loss is a very negligible proportion of the 0.0467V Ohmic loss and it is typical of the loss due to componental contact. This points the need to ensure proper contact area, and conscious component fittings and tightening. The highest loss of 0.0515V recorded was due to concentration: largely due to EtOH transfer resistance; signifying the fuel availability at site is very key. Componental contact enhanced charge transport, concentration and permeability improves fuel transport thus the losses and generation were chiefly due to transport.

Therefore, the major losses in the simulated cell as indicated: 0.0467V and 0.0515V were due to charge and reactant transport. Transport dependent on material features and properties: permeability of membranes and layers, available contact surface area, and material specifications. These losses due to transport amounted to circa 80% of the 0.1211V loss inherent in the simulated cell. The specification of thin material of high conductivity and permeability was inherent in ensuring portability and optimal operation of the cell in its application for power generation.

At a loss of 0.1211V from the 1.1724V OCV, the simulated cell was inherent of 1.0513V potential hence probable of generating 31.539W of power. Considering the OCV was estimated from stoichiometry, the 31.539W generation was due to  $4e^-$  stoichiometric release. The cell operating at  $2\text{cm}^3$  20% EtOH feed per second released  $0.0272e^-$  from the 0.0068 moles fed.

Thermodynamically, EtOH has 452.47kJ/mol energy available for reversible power generation; therefore, the 9.84kJ/g energy density for 20% EtOH solution was an assenting certification to the propensity of EtOH as a viable power generation biofuel. At this energy density; for a 0.31g EtOH feed at 0.0068mol/s molar rate and 1.5min operation time, the cell was able to generate 0.109kW/g power density, thus producing 3.050kJ energy and 33.79W useful reversible power. Therefore, at 0.1211V overpotential, the simulated cell lost 3.633W power and produced 30.16W of useful irreversible power.

Higher temperatures have indicated an enhancement to the fuel cell reaction, thus the reaction is considered endothermic. That is, as the cell reaction proceeded, the electrodes get cold due to endothermicity. Therefore, the excess energy due to  $E_{th}$  sustained the reaction and kept the operating temperature constant.

Since the cell capacity was based on the available power, the ratio of the thermodynamic voltage to the Thermoneutral voltage indicated that 33% of the power generated in the cell was actually available for external use for negligible operational losses given the reversible efficiency. However, considering the inherent significant losses, the DEFC operated at a 30% irreversible efficiency. The DEFC was capable of approximately 89% available power as the useful power output.

Taking proper and cognizant material specification, adjusting operating temperature and considering suiting materials' parameters; DEFCs capable of generating any amount of power can be simulated from existing models.

## Conclusions

The significant energy and power generation: 3.042kJ and 30.16W from the simulation with the low feed concentration: 20% EtOH at  $2\text{cm}^3/\text{s}$

dosing rate was a pointer ascertaining the viability of ethanol in fuel cells. Therefore, taking proper materials' specification and making cognizant adjustments in the operational parameters including temperature, it is evident that DEFCs capable of generating any given amount of power can be simulated from extant models.

### **Recommendation**

Advancement in DEFCs will help the economy of ethanol producing nations as it would indicate a conscious and very eco-friendly shift in power and energy source. It will also prevent, leverage and control the worldwide menace that threatens human existence: the greenhouse effect. Seeing the current leap of the world aiming towards renewable and clean energy, material and parameter manipulations in the application of ethanol in fuel cell encourages and thus promises a speedy diversification in power generation and the remediation of environmental threat due to fossil fuel.

### **References:**

1. Abdullah, S., Kamarudin, S., Hasran, U. M., & Daud, W. (2014). Modeling and simulation of a direct ethanol fuel cell: An overview. *Journal of Power Sources*, 262, 401-406.
2. Abdulrazzak, A., & Abdullah, N. (2021). Performance Analysis of Hybrid Solid Oxide Fuel Cell -Gas Turbine Power System. *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*, 9(9), 43-51.
3. Agboola, P. O., & Agboola, M. O. (2011). Nigera's Bio-Ethanol: Need for Capacity Building Strategies to prevent Foo Crises. *World Renewable Energy Congress* (pp. 258-265). Linkoping, Sweden: Bioenergy Technology.
4. Ajayi, O. O., Rasheed, K., Abiodun, O., & Toyese, O. (2020). Techno-economic Assessment of Transforming Sorghum Bagasse into Bioethanol Fuel in Nigeria: 1-Process Modeling, Simulation, and Cost Estimation. *Journal of Engineering Studies and Research*, 154-164.
5. Andreadis, G., Podias, A., & Tsiakaras, P. (2008). The effect of the parasitic current on the Direct Ethanol PEM Fuel Cell Operation. *Journal of Power Sources*, 214-227.
6. Back-Sub, S., & Young-Hoon, Y. (2016). Direct Ethanol Fuel Cell (DEFC) Assembled with Ceramic Membrane-Catalyst. *International Journal of Energy and Power Engineering.*, 5(6), 209-214.
7. Braide, W., Kanu, I., Oranusi, U., & Adeleye, S. (2016). Production of bioethanol from agricultural waste. . *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 372.
8. Ehlinger, V. M., Andrew, R. C., Ahmet, K., & Adam, Z. W. (2020). Modeling proton-exchange-membrane fuel cell



- performance/degradation tradeoffs with chemical scavengers. *Journal of Physics and Energy*.
9. Elleuch, A. K., Halouani, & Li, Y. (2016). Bio-methanol fueled intermediate temperature solid oxide fuel cell: A future solution as component in auxiliary power unit for eco-transportation. *Material of Desalination*, 331-340.
  10. Gaggioli, R. A., & Dunbar, W. R. (1993). Emf, Maximum Power and Efficiency of Fuel Cell. *Journal of Energy Resources Technology*, 100-104.
  11. Haghghi, M., & Sharifhassan, F. (2016). Exergy analysis and optimization of a high temperature proton exchange membrane fuel cell using genetic algorithm. *Exergy analysis and optimization of a high temperature proton exchange membrane fuel cell using geCase Studies in Thermal Engineering*, 207-217.
  12. Larminier, J., & Dicks, A. (2003). *Fuel Cell System Explained*. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd.
  13. Mench, M. M. (2008). *Fuel Cell Engines*. New Jersey: John Wiley & Sons.
  14. Mert, S., Toprak, M., & Depci, T. (2019, September). Exergetic Simulation and Performance Analysis of the Effect of Flow Patterns in PEMFCs. *International Journal of Thermodynamics (IJoT)*, 19(4), 159-166.
  15. Modupe, E. O., Akwayo, I. J., Olugbenga, S. T., Oyinlola, M. O., Ayodeji, A. A., Ojawumi, E. O., & Oyeniya, E. A. (2018). Bio-Conversion of Sweet Potato Peel Waste to Bio-Ethanol Using *Saccharomyces Cerevisiae*. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 8(3), 46-54.
  16. Oyegoke, T., & Dabai, F. (2018). Techno-economic feasibility study of bioethanol production from a combined cellulose and sugar feedstock in Nigeria: 1-modeling, simulation, and cost evaluation. *Nigerian Journal of Technology*, 913-920.
  17. Oyegoke, T., Dabai, F., Muhammed, J. A., & Jibril, B. E.-Y. (2017). Oyegoke, T., Dabai, F. Process Modelling and Economic Analysis for Cellulosic Bioethanol Production in Nigeria. *1 st National Conference on Chemical Technology* . .
  18. Renewable Fuels Association (RFA). (2021, August 15). *Why is Ethanol Important*. Retrieved from ethanolrfa.org: <http://ethanol.org/ethanol-101/why-is-ethanol-important>
  19. Saisirirat, P., & Joommanee. (2018). Study on the micro direct ethanol fuel cell (Micro-DEFC) performance. *8th TSME-International Conference on Mechanical Engineering (TSME-ICoME 2017)* (pp. 1-35). Saisirirat, Penyarat; Joommanee, Bordindech 8th TSME-



InternationalIOP Conference Series: Materials Science and Engineering 297.

20. Song, S., & Tsiakaras, P. (2006). Recent progress in direct ethanol proton exchange membrane fuel cells (DE-PEMFCs). *Applied Catalysis B: Environmental*, 187–193.
21. Zakaria, Z., Kamarudin, S., & Timmiati, S. (2016). Membranes for direct ethanol fuel cells: An overview. *Applied Energy*, 334-342.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Impact De L'orpaillage Clandestin Sur Les Ressources Floristiques De La Zone Phytogéographique De Kanoroba (Côte d'Ivoire)**

***Akpo Kouakou Sylvain (PhD)***

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Science et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), Côte d'Ivoire

***Cauphys-Ama Béatrice Assamoi (PhD)***

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Science et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), Côte d'Ivoire

***Coulibaly Sandotin Lassina (PhD)***

Université de Man /UFR - Ingénierie Agronomique, Forestière et Environnementale, Département Environnement et Développement Durable, Côte d'Ivoire

***Kouakou Kouamé (Licence)***

Ministère des eaux et Forêts/Chef de poste, Côte d'Ivoire

***Eba Mian Germain (MA)***

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Science et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), Côte d'Ivoire

***Coulibaly Lacina (PhD, Professeur)***

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Science et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p139](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p139)

---

Submitted: 02 October 2021

Accepted: 16 December 2021

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Akpo K.S., Cauphys-Ama B.A., Coulibaly S. L., Kouakou K., Eba M. G. & Coulibaly L. Hunt S. (2022). *Impact de l'orpaillage clandestin sur les ressources floristiques de la zone phytogéographique de Kanoroba (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 139.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p139>

---

## Résumé

La présente étude a pour objectif général de démontrer les effets néfastes de l'extraction aurifère artisanale sur l'environnement de la zone phytogéographique de Kanoroba, plus spécifiquement, les effets néfastes de cette exploitation sur la richesse, la maturité et la diversité des ressources floristiques et les risques sur les activités des agents du poste forestier de Kanoroba. La démarche méthodologique utilisée tourne autour de trois axes principaux que sont : (i) la recherche documentaire, elle a permis de parcourir plusieurs travaux de recherches de spécialistes en la matière ; (ii) la collecte des données sur le terrain qui a consisté à inventorier les espèces floristique en vue de ressortir la richesse et la diversité floristique de la zone d'étude et l'impact de l'activité d'orpaillage sur celle-ci ; (iii) enfin le traitement des données a permis d'analyser et d'interpréter les données de terrain. La richesse et la diversité floristique de la zone d'étude sont composées de 24 familles, 59 genres et 72 espèces dont les familles des Caesalpinaceae et des Combretaceae sont les plus abondantes. L'orpaillage clandestin a affecté plus les espèces *Azelia africana* et *Pterocarpus erinaceus* (bois de vène) qui sont sur la liste rouge de l'UICN. Les essences d'avenir avec 61 % de taux d'impact suivi des essences de régénération avec 38 % et enfin 1 % des essences de diamètres exploitables sont impactées par ce phénomène d'orpaillage clandestin.

---

**Mots clés:** Orpaillage clandestin, Diversité floristique, Ressources forestières, Kanoroba, Côte d'Ivoire

## **Impact of Illegal Gold Mining on the Floristic Resources of the Kanoroba Phytogeographical Zone (Côte d'Ivoire)**

***Akpo Kouakou Sylvain (PhD)***

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Science et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), Côte d'Ivoire

***Cauphys-Ama Béatrice Assamoi (PhD)***

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Science et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), Côte d'Ivoire

***Coulibaly Sandotin Lassina (PhD)***

Université de Man /UFR - Ingénierie Agronomique, Forestière et Environnementale, Département Environnement et Développement Durable, Côte d'Ivoire

***Kouakou Kouamé (Licence)***

Ministère des eaux et Forêts/Chef de poste, Côte d'Ivoire

***Eba Mian Germain (MA)***

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Science et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), Côte d'Ivoire

***Coulibaly Lacina (PhD, Professeur)***

Université NANGUI ABROGOUA/UFR Science et Gestion de l'Environnement, Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

This paper focuses on demonstrating the adverse effects of artisanal gold mining on the environment of the Kanoroba phytogeographical zone. More specifically, it shows the adverse effects of this mining on the richness, maturity, and diversity of the floristic resources and the risks on the activities of the agents of the Kanoroba forestry post. The methodological approach used revolves around three main axes: (i) documentary research, which enabled us to study several research works by specialists in the field; (ii) data collection in the field, which consisted of making an inventory of floristic species in order to highlight the richness and diversity of the study area and the impact of gold panning on it; (iii) finally, data processing, which enabled us to analyze and interpret the field data. The floristic richness and diversity of the study area is composed of 24 families, 59 genera, and 72 species of which the Caesalpiniaceae and Combretaceae families are the most abundant. Illegal gold mining has affected more the species *Afzelia africana* and *Pterocarpus*

*erinaceus* (veneer wood) which are on the IUCN red list. Future species, with a 61% impact rate, followed by regeneration species with 38%, and finally 1% of species with exploitable diameters are impacted by illegal gold panning.

---

**Keywords:** Illegal gold mining, Floristic diversity, Forest resources, Kanoroba, Côte d'Ivoire

## 1. Introduction

Depuis la chute des coûts des matières premières agricoles des années 80 sur lesquelles sont basées l'économie ivoirienne (Soro, 2011), le gouvernement ivoirien a eu pour alternative, l'industrialisation du pays. Ainsi, une priorité a été accordée à l'industrie extractive qui devrait être le second pilier de son économie. Dès 1990, les activités minières connaissent un essor fulgurant notamment avec la découverte de plusieurs gisements d'or dont certains sont actuellement en exploitation et avoisine les 0,7 % du PIB (Yapi *et al.*, 2014).

En effet, l'orpaillage produit entre 20 à 30 % de la production mondiale d'or estimée entre 500 et 800 tonnes en 2005 (ONUDI, 2009). Selon les données du Ministère de l'Industrie et des Mines, la prolifération des sites d'orpaillage touche vingt-quatre (24) régions sur les trente et une (31) que compte le pays avec plus de 500 000 personnes concernées (Goh, 2016). De plus en plus l'activité de l'or s'accroît, attirant de nombreuses personnes de tout horizon.

Cependant, force est de noter que l'exploitation des ressources minérales, par essence non renouvelables, peut paraître contradictoire avec le concept de développement durable (Jacques *et al.*, 2005). Au Burkina Faso par exemple, l'exploitation artisanale de l'or s'accompagne en général d'ouverture de tranchées, de puits, du grattage et du retournement des sols, avec pour corolaire la fragilisation des sols et la destruction progressive des terres arables (Maradan *et al.*, 2011). Par ailleurs, les risques de dégradation de l'environnement notamment l'écosystème forestier sont croissants du fait de l'intensité élevée de l'orpaillage dans certaines régions de l'Afrique. En effet, l'écosystème forestier de la partie subsoudanaise de la Côte d'Ivoire est déjà fragilisé par certaines activités anthropiques. Malgré cela, la dégradation de l'écosystème forestier par l'extraction aurifère artisanale, dans ce pays, est rarement évoquée dans les études antérieures. Pourtant, la production et la vulgarisation des résultats de la recherche dans ce domaine sont importantes pour la sensibilisation des populations.

Une évaluation qualitative et quantitative de l'impact de l'exploitation artisanale de l'or sur les ressources forestières en zone subsoudanaise ivoirienne apparaît plus que jamais nécessaire. Ainsi, ce travail vise à aider aux travaux de recherches et à pallier l'insuffisance d'information scientifique,

attirer l'attention des décideurs et de la population sur les dangers que peuvent engendrer les activités d'orpaillage sur l'environnement.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer les impacts environnementaux dus aux activités d'orpaillages des sites miniers artisanaux sur les ressources ligneuses de la zone phytogéographique de Kanoroba.

De façon spécifique, il s'agit de :

- décrire la richesse et la diversité floristique;
- évaluer les effets de l'exploitation artisanale aurifère sur les ressources forestières;
- décrire les risques de l'orpaillage sur l'activité des agents forestiers.

## **2. Matériel et méthodes**

### **2.1. Zone d'étude**

Cette étude a été réalisée dans la sous-préfecture de Kanoroba. Elle est située en Côte d'Ivoire dans la région du Poro à 360 mètres d'altitude, entre les méridiens de longitude 06°16'4,69''O et 5°53'36''O (Figure 1). Les parallèles de latitude 8°48'36''N et 9°11'18,03''N elle est localisée sur l'axe Korhogo–Mankono précisément à 102 km du chef-lieu de région Korhogo en passant par le village Waragniri.

Comme toutes les localités de cette région, l'activité économique de Kanoroba est basée sur l'agriculture, l'élevage, le commerce et, plus récemment l'extraction artisanale de l'or. Les principales cultures sont le coton, l'igname, le riz et l'anacarde. La population constituée de dix-sept mille neuf cent soixante-onze (17 971) habitants (RGPH, 2014) est essentiellement composée de senoufo ketin, d'allogène et d'allochtones venus des pays du nord de la Côte d'Ivoire (Niger, Mali, Guinée et Nigeria). Anciennement de grands producteurs d'igname et de coton, les populations ont vu leurs terres cultivables s'appauvrir et s'amenuiser au fil des ans avec l'accroissement de la population. Ainsi, pour faire face à cette situation, elles mettent l'accent sur la diversification de leurs sources de revenus. Certains créent les cultures vivrières et d'autres se muent en orpailleurs. Avec le retour de certains de ses fils et l'arrivée d'allogènes et étrangers déguerpis des sites aurifères de Taléré (Sirasso) et Fodjo (Boundiali), les terres de la sous-préfecture de Kanoroba sont explorées et ou exploitées par les orpailleurs clandestins depuis mars 2017.

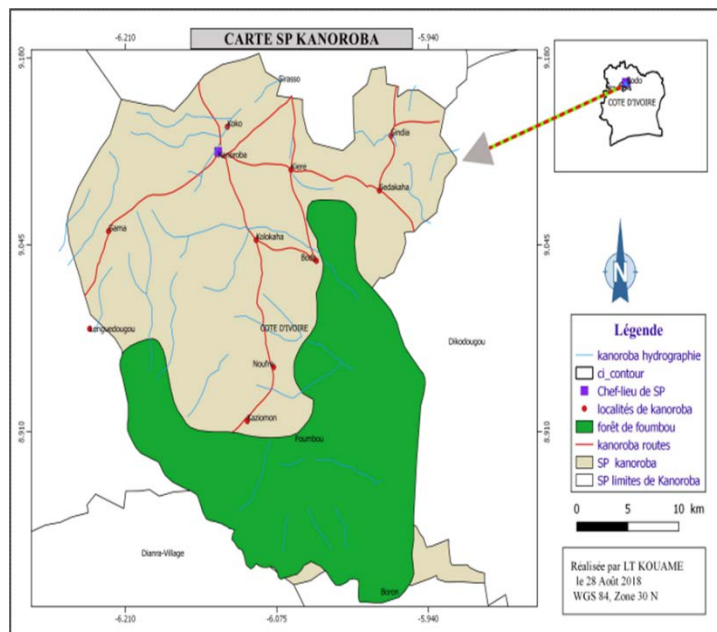


Figure 1. Présentation de la zone d'étude

## 2.2. Matériel de terrain

Il est constitué d'un appareil photo numérique pour les prises de vue, et d'un récepteur GPS de marque Garmin ETREX 30 pour la détermination des coordonnées géographiques des points d'orpaillage et la détermination des aires des sites d'échantillonnage. Un ruban gradué de 50 m a été utilisé pour la détermination des circonférences des essences.

### 2.2.1. Identification des risques environnementaux sur les sites d'orpaillage

Au cours de la visite de terrain, un état des lieux, à travers des observations a été fait. Il s'agissait de :

- observer les différentes phases d'extraction de l'or et l'aménagement général du site d'orpaillage;
- répertorier les différents risques environnementaux des sites d'orpaillage.

### 2.2.2. Collecte de données

Le plan d'échantillonnage a été conçu de manière à prendre en compte une zone témoin (ZT) : relique de forêt ne présentant aucune activité d'orpaillage, aucune activité agricole, mais où, des droits d'usages éventuels des populations en prélèvements de bois d'énergie (bois de feux) et de bois de service (poteaux, perches et fourches) et l'agriculture sont observés ; une zone exploitée par les orpailleurs et abandonnée (ZEA) et une zone en exploitation depuis Mars 2017 où l'on note la présence des orpailleurs (ZEE). Une

technique de relevé de surface a été utilisée afin d'inventorier la diversité floristique. Le relevé de surface a consisté à délimiter deux (2) parcelles impactées et une, non impactée par l'activité d'orpaillage. À l'intérieur des différentes surfaces, toutes les espèces floristiques rencontrées sont identifiées et leurs noms sont notés sur la fiche de relevé portant le numéro de la parcelle. En plus, un dénombrement des espèces floristiques coupées ou déracinées dans les aires de recherche a été effectué afin de déterminer le taux d'impact de l'orpaillage sur les ressources floristiques sur les différents sites.

Les circonférences des souches à la surface du sol ont été relevées afin de les classer et les caractériser comme suit :

- $\Phi \leq 20$  cm : essence de régénération
- $20 \text{ cm} \leq \Phi \leq 50$  cm : essence d'avenir
- $\Phi \geq 50$  cm : essence exploitable (gros bois)

### 2.2.3. Traitement des données de terrain

#### 2.2.3.1. Indice de diversité de Shannon et Equitabilité de Piélou

Des indices de diversité, l'indice de Shannon-Wiener (H) est le plus utilisé et recommandé par différents auteurs (Gray *et al.*, 1992). Cet indice permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominantes. La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à  $\log S$  (lorsque toutes les espèces ont même abondance). Il est donné par la formule suivante :

$$H = - \sum (P_i) \text{Log}_2(P_i) \quad (1)$$

Où :

Pi= abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce :  $P_i = n_i / N$ ;

$n_i$ = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon;

N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

L'indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces. C'est le rapport entre l'indice de diversité de Shannon (H) de la communauté et sa diversité maximale. Elle traduit la qualité d'organisation d'un peuplement (Zabi & Le Loeuff, 1993). Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces). Cet indice se calcule selon la relation :



$$E = \frac{H}{\text{Log}_2(R_s)} \quad (2)$$

Où H est l'indice de diversité de Shannon et  $R_s$ , la richesse taxonomique.

### 2.2.3.2. Densité floristique et taux d'impact

Le traitement des données a consisté à calculer la diversité floristique relative qui met en évidence l'importance relative des familles, la densité floristique qui est le nombre d'arbres par unité de surface et le taux d'impact qui est l'importance de l'activité d'orpaillage sur la ressource floristique. Selon les équations (1), (2) et (3) :

- Densité floristique (**Nombre d'arbres/ha**)

$$\text{Densité} = \frac{\text{Nombre d'arbres total}}{\text{Superficie du site (ha)}} \quad (3)$$

Nombre d'arbres total : Nombre d'arbres sur pied + Nombre de souches

- Taux de coupe ou taux d'impact (%)

$$\text{Taux de coupe} = \frac{\text{Nombre de souches}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100 \quad (4)$$

## 3. Résultats et discussions

### 3.1. Description de la Richesse et la diversité floristique du site

La présente étude dans la zone phytogéographique de Kanoroba appartenant à la circonscription forestière de Korhogo a permis de recenser vingt-quatre (24) familles floristiques, cinquante-neuf (59) genres et soixante-douze (72) espèces. Particulièrement, dans la zone témoin (ZT) vingt-trois (23) familles, cinquante-quatre (54) genres et soixante-six (66) espèces y ont été recensés.

En revanche, l'inventaire sur la zone exploitée et abandonnée (ZEA) a donné vingt (20) familles, quarante (40) genres et cinquante-sept (57) espèces et vingt-deux (22) familles, quarante-huit (48) genres, cinquante-huit (58) espèces sur la zone en exploitation (ZEE) (Tableau I)

Tableau I. Inventaire floristique dans les différentes zones d'échantillonnage

Familles	Nom scientifique	Nom commun	ZEA	ZEE	ZT
<b>Anacardiaceae</b>	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacadier	+	+	+
	<i>Lannea barteri</i> (Oliv.) Engl.	Bembé	+	+	+
	<i>Pseudospondias microcarpa</i> (A.Rich.) Engl.	Blekouré	+	+	+
	<i>Spondias mombin</i> L.	Mombi	+	+	+
<b>Annonaceae</b>	<i>Annona senegalensis</i> Pers.	Pomme canelle	+	+	+
	<i>Hexalobus monopetalus</i> (A.Rich.) Engl. & Diels	Fougagna	+	-	+
	<i>Xylopia aethiopica</i> (Dun.) A.Rich.	Poivrier de Guinée	-	-	+
<b>Apocynaceae</b>	<i>Saba senegalensis</i> var. <i>glabriflora</i> (Hua) Pichon	Saba	+	+	-
	<i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.	Dechavi	-	+	+
<b>Arecaceae</b>	<i>Borassus aethiopum</i> Mart.	Rônier	-	+	+
	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Palmier à huile	-	+	+
<b>Arecaceae</b>	<i>Raphia sudanica</i> A.Chev.	Raphia	-	+	+
<b>Malvaceae-Bombacoideae</b>	<i>Adansonia digitata</i> L.	Baobab	-	+	+
	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Fromager	-	+	+
<b>Fabaceae-Caesalpinioideae</b>	<i>Afzelia africana</i> Sm. ex Pers.	Lingué	+	+	+
	<i>Anthonotha crassifolia</i> (Baill.) J.Léonard	Réré des savanes	+	+	+
	<i>Cassia sieberiana</i> DC.	Baki	+	-	+
	<i>Daniellia oliveri</i> (Rolfe) Hutch. & Dalziel	Soudan	+	+	+
	<i>Erythrophleum africanum</i> (Benth.) Harms	Tali	-	+	+
	<i>Isoberlinia doka</i> Craib & Stapf	Tagla	+	+	+
	<i>Piliostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne- Redh.	Djamala	-	+	+

Familles	Nom scientifique	Nom commun	ZEA	ZEE	ZT
	<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarinier	+	+	+
<b>Chrysobalanaceae</b>	<i>Parinari curatellifolia</i> Planch. ex Benth.	Toutou	+	+	+
<b>Combretaceae</b>	<i>Anogeissus leiocarpa</i> (DC.) Guill. & Perr.	Bouleau d'Afrique	+	+	-
	<i>Combretum glutinosum</i> Perr. ex DC.	Semba bali	-	+	+
	<i>Terminalia albida</i> Scott-Elliot	Balasa	+	+	+
	<i>Terminalia glaucescens</i> Planch. ex Benth.	Koma	+	+	+
	<i>Terminalia ivorensis</i> A.Chev.	Framiré	+	+	+
<b>Combretaceae</b>	<i>Terminalia macroptera</i> Guill. & Perr.	Badanier	+	+	+
	<i>Terminalia spp.</i>	Fraké	+	+	+
<b>Ebenaceae</b>	<i>Diospyros mespiliformis</i> Hochst. ex A. DC.	Sansou	+	+	+
<b>Phyllanthaceae</b>	<i>Bridelia micrantha</i> (Hochst.) Baill	Tchikué	+	+	+
	<i>Phyllanthus discoideus</i> (Baill.) Müll. Arg.	Fagara	+	+	+
	<i>Uapaca heudelotii</i> Baill.	Rikio des rivières	+	+	+
	<i>Uapaca togoensis</i> Pax	Somon	-	-	+
<b>Fabaceae-Mimosoideae</b>	<i>Entada abyssinica</i> A.Rich.	Tola	-	+	-
	<i>Faidherbia albida</i> (Delile) A. Chev.	Balanzan	-	-	+
<b>Fabaceae-Faboideae</b>	<i>Pericopsis laxiflora</i> (Benth.) van Meeuwen	Kolo	+	+	+
	<i>Pterocarpus erinaceus</i> Poir.	Vêne	+	+	+
<b>Hypericaceae</b>	<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	Ouombé	-	+	+
<b>Loganiaceae</b>	<i>Strychnos spinosa</i> Lam.	Orange des savanes	+	+	+
<b>Meliaceae Fabaceae-Caesalpinioideae</b>	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Nim	-	-	+
	<i>Berlinia occidentalis</i> Keay	Thuya	+	-	+
	<i>Detarium microcarpum</i> Guill. & Perr.	Tamahpo	+	+	+

Familles	Nom scientifique	Nom commun	ZEA	ZEE	ZT
<b>Meliaceae</b>	<i>Khaya grandifoliola</i> C. DC.	Acajou à grande feuille	-	+	+
	<i>Khaya ivorensis</i> A. Chev.	Acajou de bassam	-	+	-
	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr.) A. Juss.	Cailcédrat	+	+	+
	<i>Pseudocedrela kotschy</i> (Schweinf.) Harms		-	-	+
<b>Fabaceae-Mimosoideae</b>	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	Iantandza	-	+	+
	<i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F. Macbr.	Ouochi des savanes	-	+	+
	<i>Parkia biglobosa</i> (Jacq.) R.Br. ex G.Don f.	Néré	+	+	+
	<i>Prosopis africana</i> (Guill. & Perr.) Taub.	Ouélé	+	+	+
	<i>Acacia polyacantha</i> Willd.	Acacia	+	+	+
<b>Moraceae</b>	<i>Antiaris africana</i> Engl.	Ako	-	+	+
	<i>Ficus sur</i> Forssk.	Poro	+	+	+
	<i>Ficus exasperata</i> Vahl	Dédé	+	+	+
	<i>Ficus sycomorus</i> L.	Gan	+	+	+
<b>Ochnaceae</b>	<i>Lophira lanceolata</i> Tiegh. ex Keay	Mana	+	+	+
<b>Fabaceae-Faboidae</b>	<i>Pericopsis laxiflora</i> (Benth.) Meeuwen		+	+	+
<b>Rubiaceae</b>	<i>Nauclea latifolia</i> Sm. Syn : <i>Sarcocephalus latifolius</i>	Pêcher africaine	+	+	+
<b>Sapindaceae</b>	<i>Allophylus africanus</i> P. Beauv.	Ouangran	+	+	-
	<i>Blighia sapida</i> K.D. Koenig	Baza	+	-	+
<b>Sapotaceae</b>	<i>Vitellaria paradoxa</i> C.F. Gaertn. subsp. <i>paradoxa</i>	Karité	+	+	+
<b>Malvaceae-Sterculioideae</b>	<i>Cola cordifolia</i> (Cav.) R. Br.	N'taba	+	+	+
	<i>Cola gigantea</i> A. Chev.	Ouara	-	+	+
	<i>Cola laurifolia</i> Mast.	Balink	+	-	+
	<i>Sterculia tragacantha</i> Lindl.	Poré-poré	+	+	+
<b>Malvaceae-Grewioideae</b>	<i>Grewia venusta</i> Fresen. <i>Grewia mollis</i> Juss.	Nano	-	-	+
<b>Ulmaceae</b>	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Adaschia	+	+	-

Par ailleurs, la Figure 2 présente le nombre d'arbres par famille floristique présents dans chaque zone d'échantillonnage. On remarque que la famille des Fabaceae-Caesalpinioideae est plus représentée au niveau du nombre d'arbres sur l'ensemble des trois zones avec cent quatre-vingt et un (181) arbres soit 19%. Au niveau de sa composition floristique, elle est constituée de huit (8) genres et huit (8) espèces. Ensuite, suit la famille des Combretaceae avec cent vingt-trois (123) arbres (13%) dont la composition floristique est de trois (3) genres et huit (8) espèces), puis celle des Fabaceae avec quatre-vingt-treize (93) arbres (10%) dont la composition floristique est de cinq (5) genres et cinq (5) espèces et les Fabaceae-Mimosoideae avec quatre-vingt-onze (91) arbres (10%) constituées de quatre (4) genres et cinq (5) espèces.

Enfin, les Meliaceae (quatre (4) genres et six (6) espèces) et les Euphorbiaceae (trois (3) genres et quatre (4) espèces) sont représentées respectivement avec cinquante et un (51) arbres (5%) et quarante-six (46) arbres (5%). Les Apocynaceae, Malvaceae-Bombacoideae, Rubiaceae, Sapindaceae composées de deux (2) genres et de deux (2) espèces par famille et les Crysobalanaceae, Ebenaceae, Hypericaceae, Loganiaceae, Ochnaceae, Fabaceae-Papilionoideae, Sapotaceae, Malvaceae-Tilioideae et Ulmaceae avec un (1) genre et une (1) espèce ont des effectifs compris entre quatre (4) et vingt (20) arbres.

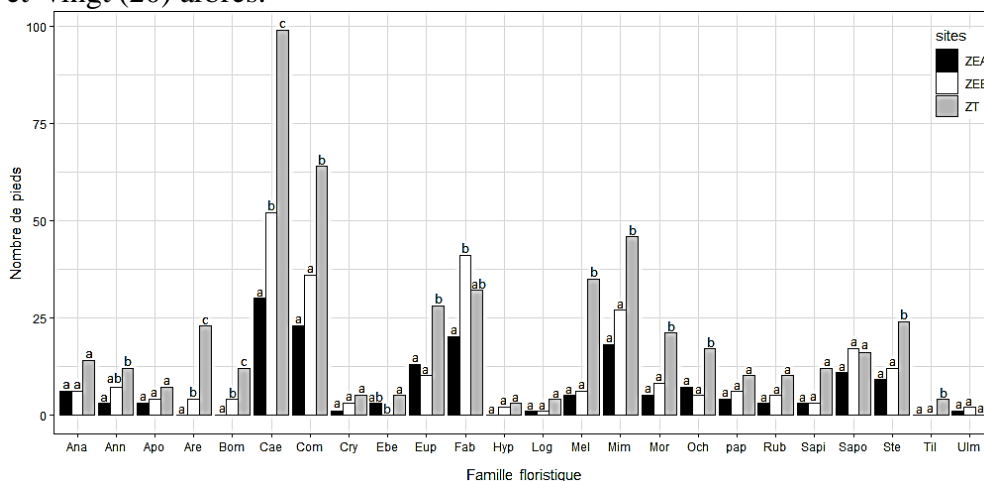


Figure 2. Nombre d'arbres par famille floristique présents dans chaque zone d'échantillonnage ; Ana=Anacardiaceae ; Ann=Annonaceae ; Apo=Apocynaceae ; Are=Arecaceae ; Bom= Malvaceae-Bombacoideae, Cae= Fabaceae-Caesalpinioideae ; Com=Combretaceae ; Cry=Crysobalanaceae ; Ebe=Ebenaceae ; Eup=Euphorbiaceae ; Fab=Fabaceae ; Hyp=Hypericaceae ; Log=Loganiaceae ; Mel=Meliaceae ; Mim=Fabaceae-Mimosoideae ; Mor=Moraceae ; Och=Ochnaceae ; Pap=Fabaceae-Papilionoideae ; Rub=Rubiaceae ; Sapi=Sapindaceae ; Sapo= Sapotaceae ; Ste= Malvaceae-Sterculioideae ; Til=Malvaceae-Tilioideae ; Ulm=Ulmaceae ; ZEA=Zone d'exploitation abandonnée ; ZEE=Zone en exploitation ; ZT=Zone témoin ; Les lettres a et b en commun indique qu'il n'existe pas de différence significative (tes de Khi-deux,  $p > 0,05$ )

Cette diversité floristique avec les mêmes familles a été observée par Tiébré et *al.* (2016) lors de l'évaluation de la diversité floristique de Founbesso. Cependant, ils ont recensé plus d'espèces dans les familles. Cela pourrait s'expliquer par la pression anthropique sur la zone concernée par cette étude. En effet, selon Dro et *al.* (2013) la pression anthropique sur la couverture végétale en zone soudanienne de la Côte d'Ivoire est en constante augmentation, ceci entraîne la dégradation des écosystèmes savanicoles et réduit la disponibilité des espèces utilitaires. Par ailleurs, selon Akaffou et *al.* (2020) qui stipulent que certaines espèces se substituent généralement aux espèces de forêts naturelles dont les niches ont été détruites par les activités humaines.

En outre, la diversité relative dans la zone exploitée et abandonnée par les orpailleurs, les familles possédant la diversité relative la plus élevée sont les Fabaceae-Caesalpinioideae et les Combretaceae avec 13% chacune. Ensuite, suit la famille des Anacardiaceae (9% de diversité relative), puis les familles des Fabaceae, Euphorbiaceae et Malvaceae-Sterculioideae avec 6% chacune. Enfin, les familles des Annonaceae, Meliaceae, Sapotaceae et Rubiaceae avec 4% de diversité relative chacune. Le reste soit 14 familles possèdent une diversité relative de 2% chacune.

Quant à la zone en exploitation par les orpailleurs, les familles les plus diversifiées sont les Fabaceae-Caesalpinioideae et les Combretaceae avec 12% chacune. Ensuite, les familles des Fabaceae-Mimosoideae (9%), Anacardiaceae, Arecaceae, Fabaceae et Moraceae avec 7% chacune. Enfin, les familles des Euphorbiaceae, Meliaceae et Malvaceae-Sterculioideae avec 5% de diversité relative chacune, et les familles des Apocynaceae, Malvaceae-Bombacoideae avec 3% de diversité relative chacune. Les autres familles soient 12 ont chacune une diversité relative de 2%.

La zone témoin présente une diversité floristique relative abondante avec les familles des Fabaceae-Caesalpinioideae et Combretaceae avec 11% chacune. Suivent les Fabaceae-Mimosoideae et Meliaceae avec 8% chacune, les Anacardiaceae, Arecaceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Moraceae et Malvaceae-Sterculioideae avec chacune 6% de diversité floristique. Les Annonaceae viennent par la suite avec 5% et enfin, les Apocynaceae, Malvaceae-Bombacoideae et Rubiaceae ont une diversité de 3% chacune. Le reste des familles soient 10% ont une diversité floristique relative de 2% chacune.

Cette diversité élevée montre que l'activité d'orpaillage n'a pas influencé fondamentalement la diversité floristique de la zone d'étude. Tous les sites échantillonnés présentent une diversité floristique relative abondante dont les plus élevées concernent les familles des Caesalpinioideae et Combretaceae. Cette situation pourrait s'expliquer par la forte présence de

nombreuses espèces appartenant aux dites familles dans cette zone qui est leur zone écologique de prédilection. En effet, Koné *et al.* (2007) ont signalé que le *Pilostigma thonningii* (Caesalpinioideae) est parmi les espèces végétales à forte dominance dans le Nord de la Côte d'Ivoire. Elle a une bonne régénération et une croissance rapide (Fall-Touré *et al.*, 2000). Ce caractère est un atout pour la survie et l'abondance de la plante dans les savanes visitées.

### **Structuration et organisation des arbres**

La richesse spécifique (Rs), l'indice de Shannon (IS) et l'Équitabilité (E) entre les trois zones forestières sont présentées respectivement le tableau II. Dans l'ensemble, toutes les valeurs des indices biologiques sont plus élevées à la zone témoin (ZT) et plus faibles à la zone en exploitation (ZEE). Les plus petites valeurs de ces trois d'indices (richesse spécifique, indice de Shannon et Équitabilité) sont respectivement de 54 ; 3,59 et 0,62, elles ont été toutes notées dans la zone en exploitation. Quant aux valeurs les plus élevées de ces indices (63 ; 3,88 et 0,65), elles ont été toutes observées en ZT. Dans l'ensemble l'indice d'Équitabilité dans ces trois sites ont été supérieur à 0,5. Le test de Khi-deux n'a montré aucune différence significative au niveau ces indices entre ces trois zones (test de Khi-deux,  $p > 0,05$ ).

Selon Gboze *et al.* (2020), les milieux dont les valeurs de l'indice sont élevées bénéficient des conditions écologiques et de stabilité relativement favorables au maintien de plusieurs groupes d'espèces que dans les milieux à faible valeur. Quant aux valeurs de l'indice d'Équitabilité qui tendent vers 1, elles révèlent que la répartition des espèces se fait de manière régulière et qu'il n'existe pas de dominance d'une espèce au sein des biotopes.

Ces résultats pourraient s'expliquer par un manque de maturité de la flore des différents biotopes du site. Ils pourraient également s'expliquer par le fait qu'il ne s'agit pas du même type de forêt d'une part, et d'autre part, cela témoigne de l'ampleur des pressions que subit ces forêt (N'Guessan *et al.*, 2019).

Tableau II : Indice biologique des différentes zones d'échantillonnage. ZEA=Zone d'exploitation abandonnée ; ZEE=Zone en exploitation ; ZT=Zone témoin ; Les lettres a et b en commun indique qu'il n'existe pas de différence significative (tes de Khi-deux,  $p > 0,05$ )

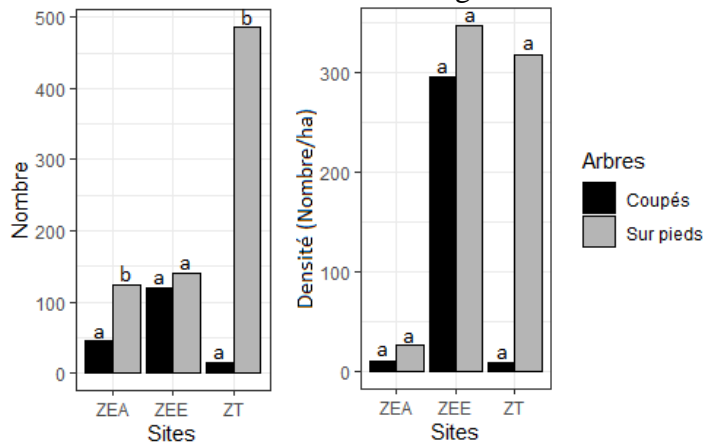
Sites	Richesse spécifique	Indice de Shannon	Équitabilité
ZEA	55 <sup>a</sup>	3,64 <sup>a</sup>	0,63 <sup>a</sup>
ZEE	54 <sup>a</sup>	3,59 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>
ZT	63 <sup>a</sup>	3,88 <sup>a</sup>	0,65 <sup>a</sup>

## **3.2. Evaluation des effets de l'exploitation artisanale aurifère sur les ressources forestières de la zone d'étude**

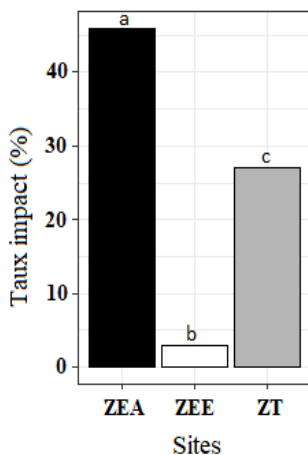
### **3.2.1. Taux d'impact de l'orpaillage sur les ressources forestières**

Le nombre d'essences recensées par zone, leur densité et le taux d'impact de l'activité d'orpaillage sont par les Figure 3 et Figure 4. L'analyse

du tableau révèle que la zone en exploitation (ZEE) renferme une densité floristique élevée (644 pieds/ha), ensuite la zone témoin (ZT) avec une densité floristique de 327 pieds/ha et enfin, la zone exploitée et abandonnée avec 36 pieds/ha. Quant au taux de destruction ou d'impact de l'activité d'orpaillage (Figure 4), il est élevé dans la ZEE avec 46 %, puis moyen dans la ZEA avec 27% et faible dans la ZT avec 3%. La densité floristique élevée dans la ZEE pourrait se justifier par le début de l'orpaillage sur ce site et cette activité n'a pas encore atteint sa vitesse de croisière. Néanmoins, le taux d'impact de 46% est élevé ceci pourrait augmenter car les orpailleurs sont en phase d'installation et cette activité nécessite la coupe de plusieurs essences. La densité floristique et le taux d'impact faibles de la ZEA s'expliqueraient par l'impossibilité du dénombrement exhaustif des essences sur ledit site. En effet, lors de la fouille les monticules de terre ont englouti les bouts de coupe.



**Figure 3.** Nombre et densité d'arbres coupés et sur pieds dans zone d'échantillonnage. ZEA=Zone d'exploitation abandonnée ; ZEE=Zone en exploitation ; ZT=Zone témoin ; Les lettres a et b en commun indique qu'il n'existe pas de différence significative (tes de Khi-deux,  $p > 0,05$ )



**Figure 4.** Taux d'impact de la déforestation des zones d'échantillonnage. ZEA=Zone d'exploitation abandonnée ; ZEE=Zone en exploitation ; ZT=Zone témoin ; Les lettres a et b en commun indique qu'il n'existe pas de différence significative (tes de Khi-deux,  $p > 0,05$ )

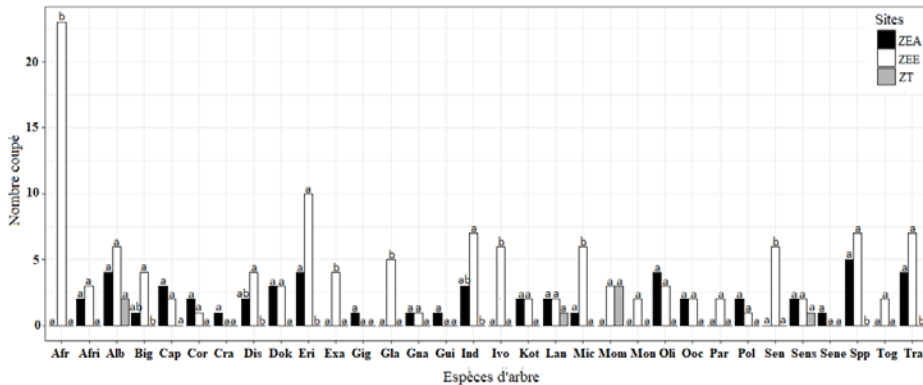


### 3.2.2. Impacts sur la richesse et la diversité floristique

La Figure 5 présente le nombre d'arbres coupés par espèce sur les zones d'échantillonnage. On peut remarquer que les espèces les plus coupées dans la ZEE sont *Azelia africana* (23 pieds) de la famille des Fabaceae-Caesalpinioideae, *Pterocarpus erinaceus* (10 pieds) de la famille des Fabaceae-Faboideae, *Sterculia tragacantha* (7 pieds) de la famille des Malvaceae-Sterculioideae, *Tamarindus indica* (7 pieds) de la famille des Fabaceae-Caesalpinioideae, *Terminalia* spp. (7 pieds) de la famille des Combretaceae, *Bridelia micranta* (6 pieds) de la famille des Phyllanthaceae et *Terminalia ivorensis* (6 pieds) de la famille des Combretaceae. Par ailleurs, les mêmes espèces sont les plus coupées dans la ZEA de l'ordre de 4 à 5 pieds. En revanche, les espèces les moins coupées sont *Acacia polyacantha* (1 pied) de la famille des Mimosaceae, *Cola cordifolia* (1 pied) de la famille des Malvaceae-Sterculioideae et *Ficus sycomorus* (1 pied) de la famille des Moraceae.

En somme, les espèces les plus coupées dans la ZEE sont les *Azelia africana* de la famille des Fabaceae-Caesalpinioideae, les *Pterocarpus erinaceus* de la famille des Fabaceae, les *Sterculia tragacantha* de la famille des Malvaceae-Sterculioideae, les *Tamarindus indica* de la famille des Fabaceae-Caesalpinioideae, les *Terminalia* Spp. de la famille des Combretaceae, les *Bridelia micranta* de la famille des Phyllanthaceae et les *Terminalia ivorensis* de la famille des Combretaceae. Par ailleurs, les mêmes espèces sont les plus coupées dans la ZEA. On pourrait expliquer ce phénomène par le fait que ces espèces ont été utilisées d'une part pour le soutènement des parois des fosses ou puits miniers et d'autre part pour la construction de hangar et de bois de chauffe car les orpailleurs se sont sédentarisés sur ces sites. En effet, selon Ouattara (2001) les espèces citées sont généralement utilisées comme bois de service (les poteaux, les piquets, les perches et les fourches) ou bois d'œuvre. Aussi Doucouré (2014) signale-t-il que l'orpaillage clandestin fait subir des pressions sur les ressources floristiques à travers la dégradation d'une partie des ressources existantes. Ainsi que, les menaces sur les espèces végétales protégées telles que le *Pterocarpus erinaceus* (bois de vène). En effet, le bois de vène est utilisé pour les piquets de sécurisation des mines artisanales du fait de sa solidité et de sa haute capacité de résistance. Ainsi pourrait-on noter une perte de la biodiversité végétale au niveau de sa richesse et sa diversité. L'utilisation de grandes quantités de ressources ligneuses par les orpailleurs va entraîner sa perte progressive ce qui pourrait impacter la vie faunique. À ce sujet, les travaux de Affessi *et al.* (2016) à Lomidouo et Kintan ont montré que les activités d'orpaillage contribuent à la perte des espèces fauniques à cause de la déforestation. Kambiré *et al.* (2018) soulignent que les besoins des

orpailliers en bois étant immenses, ces derniers détruisent beaucoup d'arbres contribuant ainsi au déboisement et à la déforestation à Hirié, au centre-ouest de la Côte d'Ivoire. Ce faisant, elle entraîne la destruction de niches écologiques et la disparition de certains animaux. Abordant dans le même sens le BRGM (2008) a montré que l'orpaillage clandestin engendre la déforestation qui provoque l'érosion de sols, détruit les habitats et la continuité forestière, perturbe la flore et la vie animale et contribue à détruire la biodiversité.



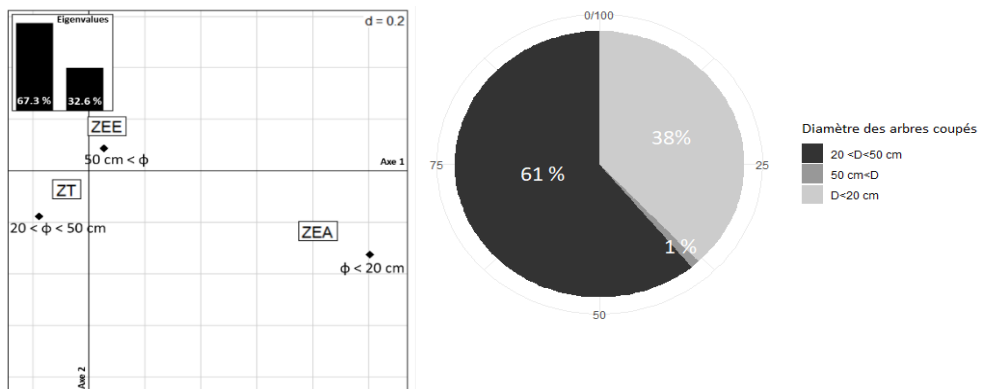
**Figure 5.** Nombre d'arbres coupés par espèce floristique sur les zones d'échantillonnage. afr=*Azelia africana* ; afri=*prosopis africana* ; alb=*Terminalia albid*a ; big=*Parkia biglobosa* ; cap=*Ficus capensis* ; cor=*Cola cordifolia* ; cra=*Athonotha crassifolia* ; dis= *Phyllanthus discoideus* ; dok=*Isobelina doka* ; eri=*Pterocarpus erinaceus* ; exa=*Ficus exasperata* ; gig.= *Cola gigantea g.* ; gla=*Terminalia glaucescens* ; gna=*Ficus gnaphalocarpa* ; gui=*Elais guinensis* ; ind=*Tamarindus indica* ; ivo=*Khaya ivorensis* ; kot=*Pseudocedrela kotschii* ; lan=*Lophira lanceolata* ; mic=*Bridelia micranta* ; mom=*Spondias mombin* ; mon=*Hescabolus monopetalus* ; oli=*Daniela olivera* ; ooc=*Anarcadium occidentale* ; par=*Butyrosperum parkii* ; pol=*Acacia polyacantha* ; sen=*Annona senegalensis* ; sen.= *Khaya senegalensis* ; sene=*Saba senegalensis* ; spp=*Terminalia Spp.* ; tog= *Uapaca togoensis* ; tra= *Sterculia tragacantha* (tes de Khi-deux, p > 0,05).

### 3.2.3. Impacts sur la maturité floristique

L'analyse Factorielle de Correspondance (AFC) a permis de d'établir une typologie biotique des zones étudiés à partir des diamètres d'arbres coupés (Figure 6). Les deux premiers axes exprimant respectivement 67,3 % (axe 1) et 32,6 % (axe 2) ont été suffisant pour exprimer la totalité de la variance. L'axe 1 discriminant la zone d'exploitation abandonnée (ZEA) a été fortement corrélé avec les arbres coupés ayant des tailles de diamètres inférieurs à 20 cm ( $\phi < 20$  cm). Quant à l'axe 2, il a discriminé dans sa partie positive la zone en exploitation (ZEE) et dans sa partie négative la zone témoin (ZT). Ces zones ont été respectivement corrélées aux diamètres d'arbres coupés supérieurs à 50 cm ( $\phi > 50$  cm) et ceux compris entre 20 et 50 cm ( $20 < \phi < 50$  cm). L'impact de l'activité d'orpaillage sur la maturité floristique montre que 61%

des essences coupées ou déracinées ont un diamètre compris entre 20 et 50 cm, 38% ont un diamètre inférieur ou égal à 20 cm et 1% ont un diamètre supérieur ou égal à 50 cm. Ces usages s'expliqueraient par le fait que les essences les plus coupées ou déracinées c'est-à-dire celle qui ont un diamètre compris entre vingt (20) et cinquante (50) cm représentent la classe des tiges d'avenir, celles dont le diamètre est inférieur ou égal à vingt (20) cm concerne la classe des régénérations et celles qui ont un diamètre supérieur ou égal à cinquante (50) cm, représentent les gros bois. Ces résultats montrent que les sites étudiés sont des milieu de régénération d'espèces. En effet, selon Wala *et al.* (2005), en milieu naturel, on observe une régénération des espèces, qui créent une forte concentration des individus dans les petits et moyens diamètres.

Les espèces prisées sont *Azalia africana* et *Pterocarpus erinaceus* (bois de vène) qui sont considérée comme des espèces rares et menacées sur la liste rouge de l'UICN (2015). Il y a donc une nécessité de porter une attention particulière à ces espèces en vue de leur gestion durable.



**Figure 6.** Ordination des diamètres d'arbres coupés dans les zones étudiées à partir Analyse en Factorielle de Correspondance.  $\phi$  = diamètre ; ZEA=Zone d'exploitation abandonnée ; ZEE=Zone en exploitation ; ZT=Zone témoin

### 3.3. Description des risques de l'exploitation artisanale aurifère sur l'activité des agents forestiers

La Figure 7 présente des impacts visuels des activités d'orpaillage sur l'environnement de façon générale. Cependant, ces impacts pourraient induire des risques sur l'activité des agents forestiers lors des missions de patrouille et d'embuscades dans la préservation des reliques de forêt du domaine rurale. En effet, cette zone est celle au-dessus du 8<sup>ème</sup> parallèle qui fait l'objet d'interdiction d'exploitation d'essences forestières. Par conséquent, les agents forestiers lors de leurs activités sont exposés aux risques de disparition (accidents mortels) du fait des nombreuses fosses et puits abandonnés non fermés ni protégés après l'activité d'orpaillage clandestin. En effet,

l'activité d'orpaillage occasionne la destruction de la couche végétale et du sol à travers des rigoles et fosses plus ou moins béantes qui sont laissées à l'abandon. Aussi, sont-ils exposés à des risques d'intoxication alimentaire due à la consommation d'eau de surface contaminée par les polluants chimiques issus de la cyanuration à travers l'eau de ruissellement. Par ailleurs, ces eaux sont souvent utilisées par les agents forestiers pour la consommation lors de leurs missions lorsque leur provision en eau s'épuise alors que les délais accordés pour les missions courent encore. Kéita (2001) a fait le même constat que la présente étude. En effet cet auteur a révélé que suite aux fréquents déplacements des orpailleurs vers d'autres sites plus riches, des centaines de puits et d'ouvrages miniers sont parfois abandonnés, et offrent ainsi le sol au ravinement et à des processus d'érosion intensive, aboutissant à une destruction totale du sol superficiel.



**Figure 7.** Fosses abandonnées (A) et en exploitation (B), bassin de cyanuration en exploitation (C), puits abandonnés (D) par les orpailleurs.

## Conclusion

Cette étude qui a permis de recenser 24 familles, 59 genres et 72 espèces floristiques que l'exploitation aurifère artisanale à Kanoroba bien que génératrice de revenus et pourvoyeuse d'emplois pour une catégorie des acteurs est source de nombreux risques pour l'environnement et la santé

humaine. Elle cause particulièrement des dommages importants sur les ressources et activités forestières. Ainsi, les espèces floristiques qui constituent un habitat naturel pour la faune sont-elles dégradées par cette activité. L'orpaillage clandestin impacte toute catégorie d'essences. Elle affecte plus les essences d'avenir et celles de régénérations avec respectivement 61 % et 38 % de taux d'impact. Alors que les essences matures (gros diamètres) sont moins impactées soit 1 %. Elle affecte toutes les espèces floristiques.

En effet, les conséquences de cette activité se remarquent par la réduction du couvert forestier et de la disparition de certaines espèces floristiques rares et menacées qui sont sur la liste rouge de l'UICN. Par ailleurs, les sites exploités sont abandonnés sans restauration ni fermeture des puits miniers, au mépris du respect des codes de l'environnement et forestier.

Ceci entraînerait un accroissement des risques d'accident pour les agents en patrouille, des risques de destruction des parcelles reboisées, et des risques d'intoxication alimentaire due à la contamination des ressources en eau par l'usage de substances toxiques (mercure, cyanure et acides) dans le processus d'extraction de l'or. La disparition des essences qui constituent une couverture naturelle des zones exploitées contribuent à la dégradation de l'environnement. Ces conséquences écologiques sont à l'origine des changements climatiques. En outre, il est nécessaire de poursuivre les recherches, afin de déterminer les impacts réels de l'exploitation artisanale de l'or sur les populations à Kanoroba.

### **Remerciement**

Les auteurs remercient les doctorants du Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique (LEBA), et du Laboratoire d'Écologie et du Développement Durable (LEDD) de l'Université NANGUI ABROGOUA pour leur contribution dans le traitement statistique des données et la nomenclature des espèces.

### **References :**

1. Akaffou, T. A, Neuba, D. F. R, & Malan, D. F. (2020). Diversité floristique et valeur de conservation de la forêt classée de N'ganda N'ganda (Sud-Est De La Cote D'ivoire). *European Scientific Journal*, 16 (36) : 329-344.
2. Affessi, A. S., Koffi, K. G.J.-C., & Sangaré, M. (2016). Impacts sociaux et environnementaux de l'orpaillage sur les populations de la Région du Bounkani (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 12 (26): 288-306.



3. BRGM (2008). Synthèse critique des connaissances sur les conséquences environnementales de l'orpaillage en Guyane, Rapport final BRGM/RP-56652-FR, 76 p.
4. Doucouré, B. (2014). Développement de l'orpaillage et mutations dans les villages aurifères du Sud-Est du Sénégal. *Afrique et Développement*, 39 (2) : 47-67.
5. Dro, B., Soro, D., Koné, M., Bakayoko, A. & Kamanzi, K. (2013). Evaluation de l'abondance de plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle dans le Nord de la Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 17(3): 2631-2646.
6. Fall-Touré, S., N'Diaye, S.A. & Traoré, E. (2000). Exploitation des arbres à usages multiples dans les systèmes d'élevage des zones soudanienne et sahélienne. In Gintzburger G., Bounejmate M., Agola C. et Mossi K. (Eds.); Production and utilization of multipurpose fodder shrubs and trees in West Asia, North Africa and the Sahel. ICARD, Aleppo, Syria, IRLI, Nairobi, Kenya viii: 60p.
7. Gboze, A. E., Sanogo, A., Amani, H.K.B & N'dja, J. K. (2020). Diversité floristique et valeur de conservation de la forêt de classée de Badenou (Korhogo, Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 32 (1) : 51 - 73
8. Goh, D. (2016). L'exploitation artisanale de l'or en Côte d'Ivoire : La persistance d'une activité illégale. *European. Scientific Journal*, 12 (3) : 18-36
9. Gray, J. S., McIntyre, A. D., & Stirn, J. (1992). Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique. Onzième partie. Evaluation biologique de la pollution marine, eu égard en particulier au benthos. FAO Document technique sur les pêches, N° 324, 53.
10. Jacques, E., Orru, J. F. & Pelon, R. (2005). Développement durable : quelle place pour la mine artisanale. *Géoscience*, 1 : 67-70.
11. Kaboré-kienon, T. H. (2004). La métallurgie ancienne de l'or chez les Akan de Côte d'Ivoire : approche archéologique. Un apport à l'histoire des techniques métallurgiques. *Revue Africaine d'Anthropologie, Nyansa-Pô*, 1 : 30-50.
12. Kambiré, B., Tia, L., & Ouattara, O. (2018). Exploitations aurifères artisanales et dégradation des écosystèmes naturels à Hiré-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Espaces, sociétés et développement en Afrique subsaharienne, Tome 1, Presses Universitaires de Lomé* : 54-77.
13. Kéita, S. (2001). Etude sur les mines artisanales et les exploitations minières à petite échelle au Mali, in Mining Minerals and Sustainable Development, N° 80, 54 p.
14. Koné, M, Aman, A, Adou -Yao, C.Y., Coulibaly, L. & N'Guessan, K. É: (2007). Suivi diachronique par télédétection spatiale de la

- couverture ligneuse en milieu de savane soudanienne en Côte d'Ivoire. *Revue Télédétection* 7 (1-2-3-4) : 433-446.
15. Maradan, D., Ouedraogo, B., Thiombiano, N., Thiombiano, T. & Zein, K. (2011). Analyse économique du secteur des mines : liens pauvreté et environnement, *sba-EcosysCEDRES*. Rapport du Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (MECV), Burkina Faso, 69 p.
  16. N'Guessan, A.E., Kassi, N.J., Yao, N.O., Amani, H.K.B., Gouli, G.Z.R, Piponiot, C., Irie Bi C.Z. & Hérault, B. (2019). Drivers of biomass recovery in a secondary forested landscape of West Africa. *Forest Ecology and Manag.*, 433 : 325 – 331.
  17. Organisation des Nations Unies pour le Développement de l'Industrie (ONUDI) (2009). Atelier sous-région d'information des pays de l'Afrique de l'Ouest francophone sur les problèmes liés à l'orpaillage. Rapport de synthèse, 34 p.
  18. Ouattara, N. (2001). Situation des ressources génétiques forestières de la Côte d'Ivoire (Zone de Savanes). Atelier sous-régional FAO/IPGRI/CIRAF sur la conservation, la gestion, l'utilisation durable et la mise en valeur des ressources génétiques forestières de la zone sahélienne (Ouagadougou, 22-24 sept. 1998). Note thématique sur les ressources génétiques forestières. Document FGR/5F. Service de la mise en valeur des ressources forestières, Division des ressources forestières. FAO, Rome, 23p.
  19. Recensement Générale de la Population et de l'Habitat (RGPH) (2014). Recensement Générale de la Population et de l'Habitat en Côte d'Ivoire : résultat.
  20. Soro, B. (2011). Agriculture et matières premières en Côte d'Ivoire : Le cacao, le café, le coton, l'or, le sucre en chute libre / La crise financière internationale sévit, Le Mandat, <http://www.koffi.net/koffi/rechercheMultiple/a/43/Retirer>, (consulté le 02/09/2019)
  21. Tiébré, M.S., Ouattara, D., Tra, B. A., Vroh, B.T.A., Gnagbo, A. & N'Guessan, K. E. (2016). Diversité floristique et disponibilité des plantes utilitaires en zone soudanienne de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 102: 9699 – 9707.
  22. UICN (2015). IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.1.
  23. Wala, K., Sinsin, B., Guelly, K. A., Kokou, K. & Akpagana, K. (2005). Typologie et structure des parcs agroforestiers dans la Préfecture de Doufelegou (Togo). *Sécheresse*, 16(3): 209 - 216.
  24. Yapi, Y. H. A., Dongui, B. K., Trokourey, A., Barima, Y. S. S., Essis, Y. & Atheba, P. (2014). Evaluation de la pollution métallique des eaux souterraines et de surface dans un environnement minier aurifère à

Hiré (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological Chemistry Science*, 8 (3) : 1281-128.

25. Zabi, G.S.F. & Le Loeuff, P. (1993). Revue des connaissances sur la faune benthique des milieux margino-littoraux d'Afrique de l'Ouest : deuxième partie : peuplements et biotopes. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 26 (1) : 19-51.





ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Características Circadianas del sueño en Personas Adultas de Panamá

*Biseth Araúz- Arauz†,*

Departamento de Biociencias y Salud Pública, Corregimiento de Ancón,  
Albrook, Paseo Diógenes de la Rosa, Panamá,  
Universidad Especializada de las Américas

*Gabriel Medianero-Araúz,*

Facultad de Psicología, Universidad de Panamá, Campus Harmodio Arias  
Madrid

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p162](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p162)

Submitted: 04 September 2021

Accepted: 06 December 2021

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Arauz B., & Medianero-Araúz G., (2022). *Características Circadianas del sueño en Personas Adultas de Panamá* European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 162.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p162>

### Abstracto

La importancia de los estudios cronobiológicos y homeostáticos está asociada a la importancia de describir los patrones de comportamiento de los organismos de acuerdo a los cambios geofísicos de la tierra en su ciclo de 24 horas. El presente trabajo se enfoca en los patrones de sueño de jóvenes estudiantes universitarios panameños, lo que permite conocer sus periodos de sueño y el índice de somnolencia de este grupo por sexo. El cuestionario se administró a 350 estudiantes de pregrado dentro del rango de edad de 26 años. El 74% de los participantes eran mujeres, el 26% eran hombres y el 67% tenían entre 17 y 25 años de edad. Se aplicó una batería de pruebas compuesta por la prueba de somnolencia de Stanford (SSS) y la escala de somnolencia de Epworth (ESS). Además, se extrajeron algunas preguntas del cuestionario de Pittsburg (PSQI). Se obtuvo un índice de somnolencia (ESS) de 6.83 y 8.16 para estudiantes de 17 a 20 años y estudiantes de 21 a 24 años, respectivamente. Los resultados sugieren diferencias significativas entre los patrones de sueño por sexo y edad.

**Keywords:** Modélisation, Onde De Tempête, Niveaux D'eau Extrêmes, Crête Maximale, Jet De Rive, Morphogène, Ablation

## Sleep Circadian Characteristics of Panamanian Adults

*Biseth Araúz- Arauz†,*

Departamento de Biociencias y Salud Pública, Corregimiento de Ancón,  
Albrook, Paseo Diógenes de la Rosa, Panamá,  
Universidad Especializada de las Américas

*Gabriel Medianero-Araúz,*

Facultad de Psicología, Universidad de Panamá, Campus Harmodio Arias  
Madrid

---

### Abstract

The importance of chronobiological and homeostatic studies is associated with the importance of describing the behavioural patterns of organisms according to the geophysical changes of earth in its 24 hours cycle. This paper focuses on the sleep patterns of young Panamanian undergraduate students, which makes it possible to know their sleeping periods and the sleepiness index of this group by sex. Questionnaire was administered to 350 undergraduate students within the age range of 26 years. 74% of participants were women, 26% were men, and 67% were between the age range of 17 to 25 years. A battery of test was applied consisting of the Stanford sleepiness test (SSS) and the Epworth Sleepiness Scale (ESS). Questions were extracted from the Pittsburg questionnaires (PSQI). A sleepiness index (ESS) of 6.83 and 8.16 was obtained for students from 17 to 20 years and students from 21 to 24 years old, respectively. The results suggest significant differences between the sleep patterns by sex and age.

---

**Keywords:** Students, Sleep, Patterns, Sex, Sleepiness, Chronobiology

### Introducción

El sueño se encuentra dentro de las funciones fisiológicas más importantes para el correcto funcionamiento de las capacidades cognitivas del ser humano (Meijer, 2007). Sin embargo, en un mundo de intensa competencia, cada día son más las personas que padecen algún grado de somnolencia diurna. De esta manera, todos los aspectos de su vida se ven alterados ya que poseen baja atención, rendimiento y un estado de ánimo alterado que se evidencia en clase, en el trabajo o en el tráfico.

La somnolencia es un fenómeno de transición normal y universal que representa una fluctuación en los procesos fisiológicos y cognitivos, que acompaña un cambio en el estado de alerta. Por consiguiente, la somnolencia diurna excesiva o hipersomnia, puede tener diferentes causas dentro de las que se encuentran la cantidad insuficiente de sueño y la fragmentación de este, actividades que son frecuentes en los estudiantes universitarios (Huitron-

Reséndiz *et al.*, 2004). En este sentido también son muy conocidos los comportamientos como caminar o hacer movimientos con manos o pies de estudiantes privados de sueño intentando compensar o disminuir los efectos cognitivos de la pérdida de sueño (Rogers *et al.*, 2003; Horne *et al.*, 1985). Sin embargo, el esfuerzo de compensación para resistir el sueño en última instancia no puede impedir las intrusiones de la iniciación del sueño en estado de vigilia.

Prácticamente todas las formas de privación de sueño dan como resultado el aumento de los estados de ánimo negativos, especialmente la sensación de fatiga, pérdida de vigor, somnolencia y confusión (Dumer, 2005). La evidencia experimental ha demostrado que después de la privación de sueño, los estados de ánimo negativos y los sentimientos de irritabilidad, ansiedad y depresión son el resultado de un sueño insuficiente. Por otro lado, estas alteraciones en el estado de ánimo se han observado varias veces cuando la privación del sueño se produce sin tener en cuenta las condiciones ambientales (Murray, 1974).

El rendimiento en tareas cognitivas, incluso muy breves, que miden la velocidad de rendimiento cognitivo, la memoria de trabajo, y otros aspectos de la atención han encontrado una alta sensibilidad a la privación de sueño (Kribbs & Dinges, 1994). Sin embargo, dos factores de confusión que puede ocultar los efectos de la pérdida de sueño en muchas tareas cognitivas son la variabilidad interindividual y la variabilidad intraindividual (Dorrian *et al.*, 2005).

Por otro lado, diversos estudios han planteado que los factores ambientales como la temperatura y cantidad de luz también afectan la estructura, la continuidad y/o la profundidad del sueño. Otros factores que también parecen estar influyendo son los ritmos circadianos, temperatura corporal, el tipo de alimentación y/o la administración, uso o abuso de fármacos y la privación de sueño. Además, de que cualquier cambio en los estilos de vida puede alterar los hábitos de sueño o la necesidad de sueño en un estudiante (Garaulet Aza & Gómez Abellán, 2016; Valentinuzzi & Fontenele Araujo, 2008). El objetivo general de la investigación fue describir las características circadianas del sueño en adultos jóvenes panameños y el objetivo específico, identificar el índice de somnolencia en los jóvenes universitarios.

## **Métodos y materiales**

Se realizó un estudio transversal, a estudiantes universitarios, durante el primer semestre de 2020. Se aplicó una batería de pruebas, mediante una hoja formulario de Google vía web (<https://forms.gle/gmxNUXme8FHEX6Bi6>). Esta batería estuvo conformada por 39 preguntas divididas en cuatro secciones: un cuestionario

sociodemográfico, un cuestionario de Stanford (Hoddes *et al.*, 1973), cuestionario de Epword (Johns, 1991) y Karolinska (Shahid *et al.*, 2011); además se extrajeron preguntas de los cuestionarios Pittsburg (PSQI- Buysse, Reynolds Monk, Berman, & Kupfer, 1989) y Adán y Almira (Adán & Guárdia, 1997), luego fueron reordenadas y adaptadas a la cultura panameña incorporando una escala liker.

La Epworth Sleepiness Scale (ESS) de Johns 1990-1997 ha sido validada para detectar somnolencia diurna excesiva y mide los niveles de somnolencia diurna que se presentan en ocho situaciones cotidianas, en el cuestionario eran las preguntas del 1 al 8. Cada situación fue valorada de 0 a 3, de forma que la puntuación en esta escala puede oscilar de 0 a 24, siendo los valores bajos (1-6) correspondientes a un estado general normal de vigilancia, mientras que valores de 7 y 8 corresponden a somnolencia media y los valores altos entre 9 a 24 se corresponden con una elevada somnolencia durante el día, posiblemente patológica.

El cuestionario Stanford (SSS) mide los niveles de somnolencia subjetiva en el momento de la evaluación, se compone de siete descripciones de estados progresivos de somnolencia, entre las cuales el sujeto debe elegir la que indica su nivel de somnolencia actual (Hoddes, Zarcone, Smythe, Phillips, & Dement, 1973). El resultado se expresa entre 1 y 7, un puntaje mayor o igual a 3 se asocia con una disminución en el rendimiento que está relacionado con la somnolencia (Saldías Peñafie, Gassmann Poniachika, Canelo López, Uribe Monasterio, & Díaz Patiño, 2018).

Para comprobar la comprensión de los distintos ítems que componían la batería de pruebas y verificar la confiabilidad, se realizó un estudio piloto en octubre de 2019, en la que participaron 30 estudiantes de la Facultad de Biociencias y Salud Pública (UDELAS Panamá) del turno nocturno. Además, se pidió la revisión de la batería de pruebas a seis expertos universitarios. El tamaño de la muestra se calculó para un nivel de confiabilidad del 95% y una potencia del 90% con 5% de tasa de error, y una tasa de no repuesta de 10%.

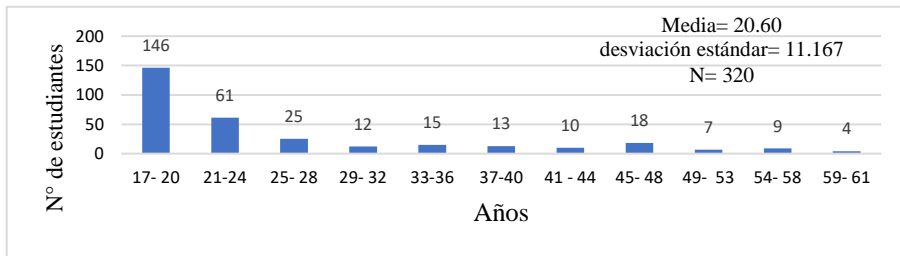
La batería de pruebas se aplicó de forma voluntaria y anónima mediante una hoja de formulario vía web (<https://forms.gle/gmxNUXme8FHEX6Bi6>), entre abril y octubre de 2020. Participaron 350 estudiantes universitarios que dieron su consentimiento informado. Todos los participantes estaban matriculados en la universidad en los turnos matutino, vespertino o nocturno en la provincia de Panamá, República de Panamá.

Las variables bajo estudio fueron edad, sexo, nivel de estudio e índice de somnolencia. Además, se efectuó análisis estadístico mediante el programa estadístico SPSS 26.0 (IBM, 2020) para correlacionar el efecto producidos por el patrón de sueño en las variables dependientes.

## Resultados

Entre abril y octubre del año 2020 se envió una batería de pruebas a 350 participantes de ambos sexos, matriculados en universidades públicas con edades que oscilaban entre 17 a 61 años, con un promedio de 26.5 años, una mediana de 19 y una desviación estándar de 8.5. La tasa de respuesta fue de 91.4 %. El instrumento posee un alfa de Cronbach de 0.658 La valides del contenido de la batería utilizada fue de 0.7. Se eliminaron los cuestionarios incompletos o aquellos que no dieron su consentimiento.

El 74 % de los encuestados fueron mujeres y 26% fueron varones El 91.94 % de los encuestado fueron estudiantes de pregrado y el 8.06% posgrado. El 63% de los encuestados fueron estudiantes entre 17 y 24 años, y el 37% fueron estudiantes mayores de 37 años (Figura 1). La edad promedio fue  $20.6 \pm 11.67$  años.

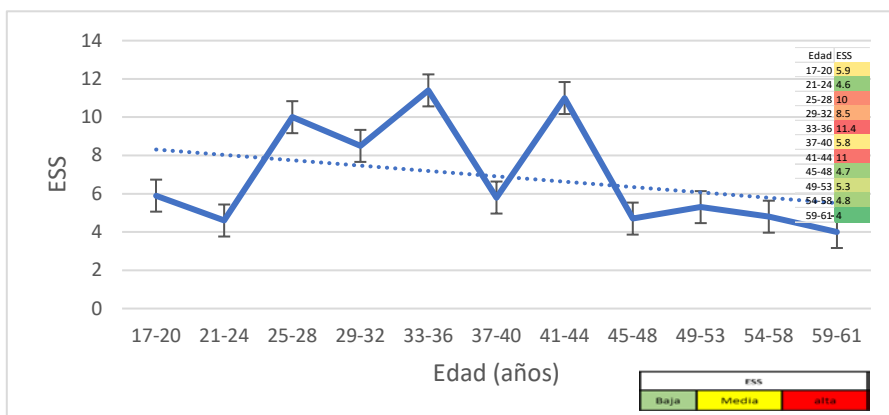


En la Tabla 1, se puede observar que los encuestados entre 21 a 24 años tiene un valor de somnolencia diurna segun la Epworth Sleepiness Scale (ESS) de 8.16; los de 33 a 36 con 9.36 y los de 41 a 44 años presentaron 8.7. Sin embargo, los encuestados que tenían más de 54 años reportan una somnolencia diurna normal de 4.22. Los mayores índices de somnolencia se encuentran en el grupo etáreo de 33 a 36 años con un índice de 9.36. En este rango la persona podría quedarse dormida en situaciones o momentos que son riesgoso para la vida de los estudiantes.

**Tabla 1.** Grado de somnolencia (ESS) por categoría de edad

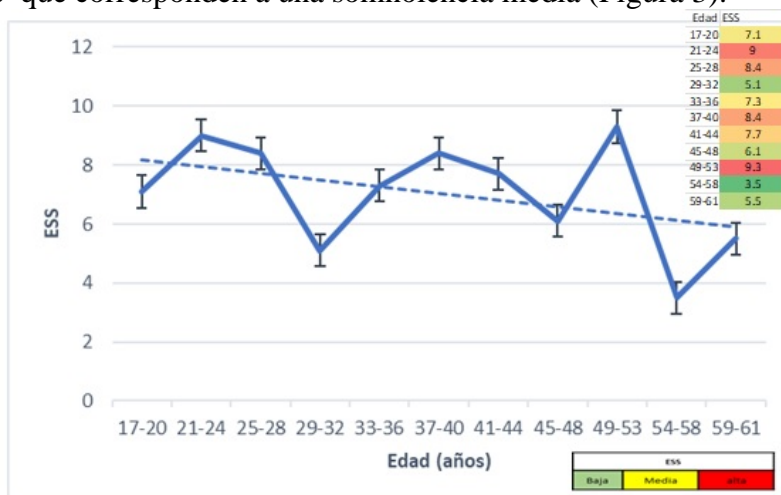
Somnolencia (ESS)	6.8	8.2	9.0	6.3	9.4	7.6	8.7	5.9	7.6	4.2	4.8
Edad	17-20	21-24	25-28	29-32	33-36	37-40	41-44	45-48	49-53	54-58	59-61

En varones de 25 a 28, de 33 a 36 y de 41 a 44 se registraron valores altos en la prueba de ESS, estos valores (9 a 24) corresponden una elevada somnolencia durante el día, posiblemente patológica. Sin embargo, en las edades de 17 a 20, 21-24, 37 a 40, 45-48, 54-55, 59-61 años se registran valores bajos (1-6) que corresponden a un estado general normal de vigilancia (Figura 2).



**Figura 2.** Somnolencia( ESS) en varones por edad

Al analizar los valores de la prueba ESS para las mujeres (F) la somnolencia podemos observar que entre los 21 a 24 años es de 9.0 y luego entre los 49 a 53 años el valor es de 9.3, que corresponde a una somnolencia alta. Además entre los 17 a 20, 25 a 28, 33 a 36, 37 a 40 y de 41 a 44 se registran valores de 7 y 8 que corresponden a una somnolencia media (Figura 3).

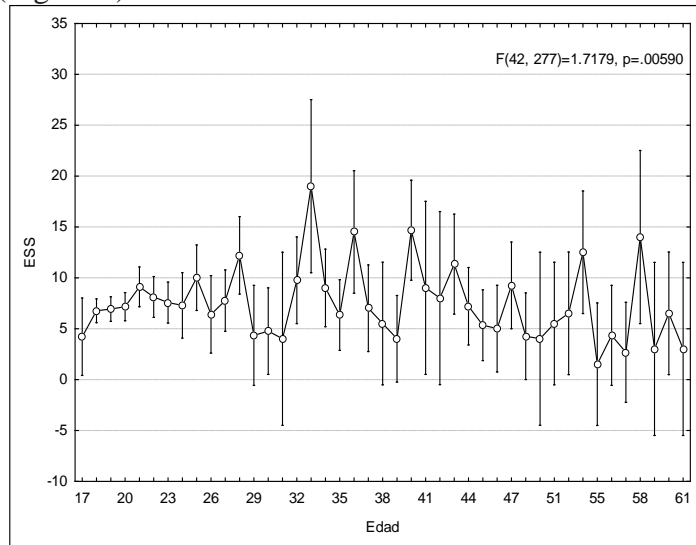


**Figura 3.** Somnolencia (ESS) en mujeres por edad

La media del grado de somnolencia (ESS) de los encuestados es 7.30 y la desviación estándar fue de 4.5. Igualmente, el 24% encuestados, menciona que tiene una disminución de la alerta durante el día, mientras que el 76% menciona que durante el día se encuentran alerta.

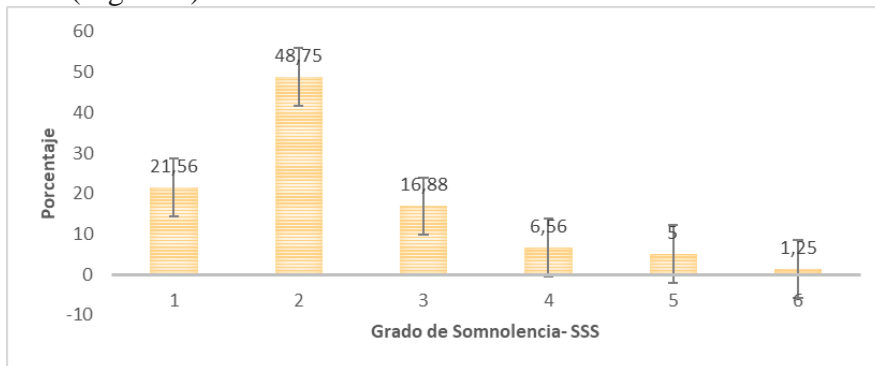
Al efectuar un análisis de varianza de una vía (ANOVA), para las variables edad y prueba de somnolencia mediante Epworth Sleepiness Scale (ESS), se observa que hay diferencias significativas de las media en cuanto a la edad

de los encuestados y el grado de somnolencia diurno  $F(42, 277)=1.7179$ ,  $p=0.0059$  (Figura 4).



**Figura 4.** Analisis de varianza (ANOVA) de una via para las variables Edad y los resultados de la prueba de somnolencia Epworth Sleepiness Scale (ESS).

Al preguntarle al participante por los niveles de somnolencia subjetiva en el momento de la evaluación (test de Stanford ó SSS ), el 21.56 % se siente en plena forma, el 48.75% estaban bastante activados, mientras que el 11.6 % reconoce estar adormecido y somnoliento y el 1.25 menciona estar casi dormido (Figura 5).



**Figura 5.** Grado de somnolencia en este momento

- 1: Me siento en plena forma y lleno de vitalidad, alerta y totalmente despierto.
- 2: Bastante activado, pero no al máximo, capaz de reaccionar.
- 3: Relajado, despierto, pero no del todo despierto, con tendencia a dejarse ir.
- 4: Adormecido, empezando a no intentar seguir despierto, enlenteciéndome.

**5: Somnoliento con ganas de acostarme combatiendo el sueño, embotado. 6: Casi dormido en el comienzo del sueño sin combatir el sueño.**

Para el test de Somnolencia de Stanford ó SSS, el sexo femenino (F) presenta valores mayores entre 1.8 y 2.6 en las edades de 17 a 53 años, a diferencia de los varones cuyos valores variaron entre 1.7 y 2.7, en las edades de 17 a 61 años. Los valores de 2 corresponden a un alto nivel de funcionamiento aunque no al máximo, siendo capaces de concentrarse. Los valores en el sexo femenino muestran que en general se encuentra por debajo de su nivel óptimo entre los 17 a 53 años (Tabla 2).

		Edad											
		17-20		21-24		25-28		29-32		33-36		37-40	
		Sexo (M= masculino, F= femenino)											
x	SSS	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
		1.9	2.3	1.8	2.6	2.7	2.5	1.8	2.2	1.8	1.8	1.8	1.8
		Edad											
		41-44		45-48		49-53		54-58		59-61			
		Sexo											
x	SSS	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F		
		2	2.6	1.7	2.4	2	2	1.8	1.8	2	2		

**Tabla 2.** Niveles de somnolencia en el momento de la evaluación (test Stanford) por sexo y edad

- 1: Me siento en plena forma y lleno de vitalidad, alerta y totalmente despierto.
- 2: Bastante activado, pero no al máximo, capaz de reaccionar.
- 3: Relajado, despierto, pero no del todo despierto, con tendencia a dejarse ir.
- 4: Adormecido, empezando a no intentar seguir despierto, enlenteciéndome.
- 5: Somnoliento con ganas de acostarme combatiendo el sueño, embotado.
- 6: Casi dormido en el comienzo del sueño sin combatir el sueño.

El 30% de los encuestados poseen valores superiores a 3, que indica una gran somnolencia diurna, siendo las mujeres las que mayormente registran estos valores superiores a 3 principalmente entre los 18 y 48 años. En las edades de 17 a 28, el 20.9 % de las encuestadas reportan valores que indican somnolencia diurna, en 12 de ellas los valores son superiores a 5, que podría estar relacionado a un problema patológico.

El 4.1 % de los varones en la prueba SSS, reportan valores superiores a 3, de estos 0.94% presentan valores superiores a 5.

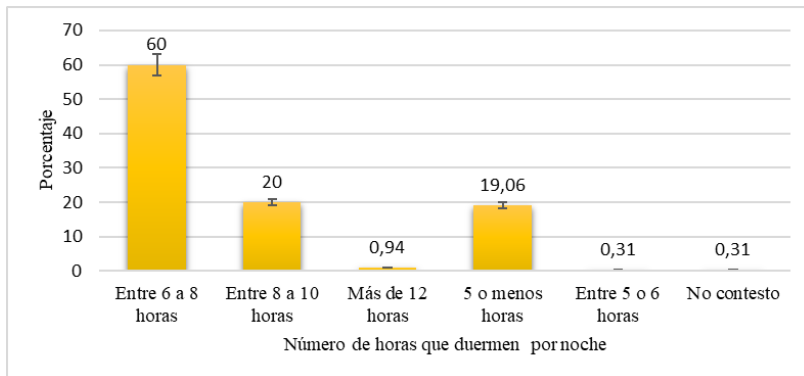
El 70%, de los encuestados reconocen que su sueño normalmente es bueno y profundo y sólo el 30 % dice que se despierta muchas veces durante la noche.



Sin embargo, el 48.8 % de los encuestados reportan que se van a acostar normalmente entre las 10 y 12 de la noche y el 16.6 % menciona ir a la cama después de las 12 de la noche. Dentro de las conductas normales antes de ir a la cama el 37 % menciona que suelen jugar con el celular, videojuego o computadora y solo un 4.7 % escribe, lee, estudia u ora.

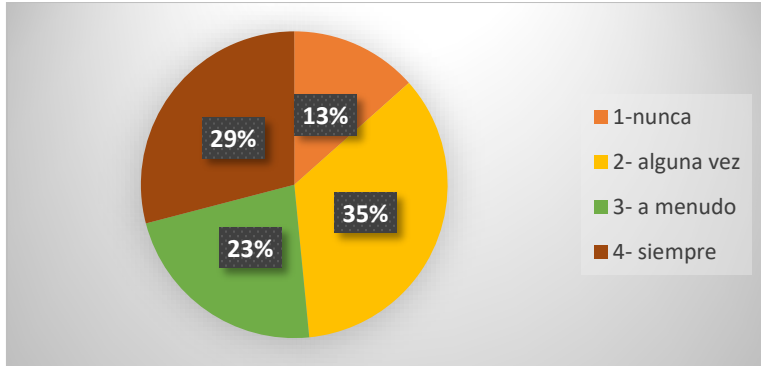
Otro aspecto que se evidencia es que el 69.7% reconoce que tienen un sueño bueno y profundo, mientras que el 9.9% reconoce tener un sueño inquieto y con dificultades para descansar, el 9.6 se despierta muchas veces durante la noche y el 10.8 % le cuesta conciliar el sueño, por lo que podríamos decir que el 30.3 % son malos durmientes. Algunos investigadores mencionan que esto puede deberse a sus expectativas ante el sueño (Monroe, 1967; Adam, Tomeny, & Oswald, 1986; Fabbri & otros, 2021). Debido a que la falta de sueño produce reacciones fisiológicas en el organismo que aumenta los niveles de ansiedad y estrés, que producen a su vez mayor alerta y activación y por consiguiente mayor dificultad para relajarse y dormir (Adam, Tomeny, & Oswald, 1986)

El 54.7 % de los estudiantes indica que se despierta despejado y listo, mientras que el 40.6 % dice que tarda algo en despejarse. Aunque hay un 4.06% que menciona que tarda mucho en despejarse y un 0.94% dice que amanece cansado.



**Figura 6.** Número de horas que duerme por noche

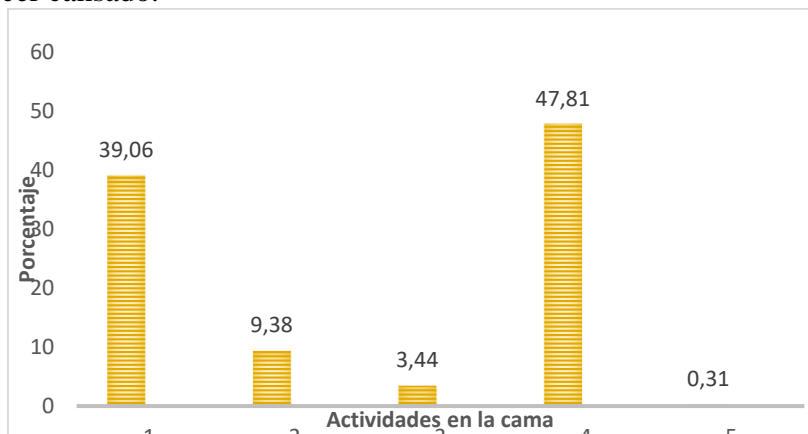
El 60.3 % de los encuestados reconoce que duerme entre 6 a 8 horas por noche, 20.3 % duerme de 8 a 10 horas, un 18.11 % dice que duerme 5 o menos horas por noche, y un 1.29 duerme mas de 12 horas, con una desviación estándar de 0. 656 y una media de 3.03 (Figura 6). Es interesane igualmente mencionar que 52.8% de las mujeres y el 56.7% de los varones duermen de 6 a 8 horas por noche, pero 3.6% los varones duerme mas de 12 horas por noche, mientras que un 1.69% de las mujeres duerme ese mismo tiempo por noche. El 87.0 % de los encuestados en la época de exámenes finales reconoce que se acuesta más tarde de lo habitual (Figura 7), mientras que 13.0 % nunca se acuesta mas tarde de lo habitual durante los exámenes finales.



**Figura 7.** En épocas de exámenes me acuesto más tarde de lo habitual

El 55.31 % menciona que en los últimos quince días no ha perdido horas de sueño y el 33.44% reconocen que si ha perdido horas de sueño. El 85 % de los que perdieron horas de sueño en los últimos quince días fueron mujeres y un 5% varones, siendo las jóvenes de 18 años los que mayormente fueron afectados. En los últimos quince días la probabilidad condicionada de que allan perdido horas de sueño las mujeres fue de 38.4%, mientras que en los varones fue de 19.28%.

Mientras que el 59.06% de los encuestados admite haber perdido horas de sueño en los últimos 30 días, siendo las mujeres las mayormente las afectada (78.31%), en ambos eventos. La probabilidad condicionada en este caso fue de 62.44 % para mujeres que perdieron horas de sueño en los últimos 30 días. Un 44% menciona tardar algo o mucho en despertarse y un 0.63% admite amanecer cansado.

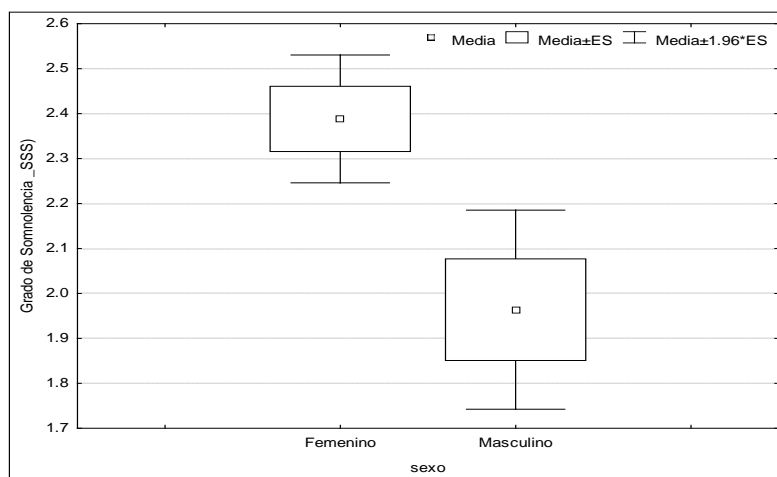


**Figura 8.** Porcentaje de estudiantes encuestados que describen su actividad estando ya en cama

- Actividad 1: Hablaba con un hermano, padre u otro familiar.
- Actividad 2: Abrazaba un muñeco, tela, etc.
- Actividad 3: Dejaba la luz encendida.
- Actividad 4. Encendía el abanico/aire acondicionado.
- Actividad 5. No contesto.

En cuanto a las actividades que realizan los estudiantes estando ya en cama, el 47.81% mencionan necesitar la regulación térmica del ambiente mediante el encendido de un abanico o aire acondicionado, el 39.06% reconoce hablar con un familiar y un 3.44% deja la luz encendida. La media de los datos fue 2.61 y la desviación estándar es de 1.41, que indica una mayor dispersión de los datos dentro de los resultados (Figura 8).

Al efectuar la prueba t de Student para los valores sexo y grado de somnolencia podemos observar que existe diferencia significativas ( $t = 3.034$ ;  $df=318$ ;  $p=0.002573$ ) entre el sexo del individuo y el grado de Somnolencia (SSS). El sexo femenino tiene mayor somnolencia que los varones, sin embargo hay mayor variación de los valores en los varones en cuanto al grado de somnolencia (SSS) (Figura 9.)



**Figura 9.** Prueba t de Student para las variables sexo y grado de somnolencia (SSS), t-value = 3.038726; df = 318; p= 0.002573

## Discusión

El nivel de respuesta de la batería de pruebas aplicadas fue de 91.4, que es relativamente alto. Esto se podría deber al hecho de haberlo realizado a través de la web. En cuanto a la proporción de sexo de los encuestados están en concordancia con lo presentado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC 2017).

Los jóvenes entre 21 a 24 años tiene un valor de somnolencia diurna para el test ESS de 8.16, mientras que los 33 a 36 años reportan 9.36 en este rango la persona podría quedarse dormida en situaciones o momentos que son riesgoso para la vida del individuo. Mientras que en el grupo de 41 a 44 años el índice es 8.7, hallazgo que merece atención, debido a que es una somnolencia de valor medio, que implica problemas para concentrarse adecuadamente. En este sentido los estudios efectuados por Caskadon (1999)

y Fonseca y Genzel (2020) concluyen que la población joven universitaria se encuentra en una etapa con alto riesgo de sufrir problemas de sueño, ya que posponen los tiempos de sueño a favor del trabajo cognitivo o de las interacciones sociales, produciéndose una desalineación entre las señales externas de tiempo y las necesidades internas. El alto grado de estrés causado por la sobrecarga intelectual, física o emocional puede estar impidiendo el inicio del sueño durante las noches y provocar excesiva somnolencia diurna. (Sánchez Oviedo & otros, 2021; Niño García, Barragán Vergel, Ortiz Labrador, Ochoa Vera, & González Olaya, 2019). Sin embargo los encuestados que tenían más de 54 años reportan una somnolencia diurna normal (4.75).

El 19% de los encuestados mencionan que duermen menos de 5 horas, con una somnolencia 9.36, por lo que este grupo podría estar sufriendo de una somnolencia elevada durante el día. Esta pérdida de sueño en los estudiantes podría estar asociada al estrés, sobrecarga mental, física o emocional producto de los cursos o del momento académico en el que se encuentran. Esto concuerda, con lo planteado por Carskadon (2000) que menciona que debido a la constante y creciente exigencia académica y a hábitos inadecuados de sueño los estudiantes universitarios, provocan un efecto acumulativo que aumenta la somnolencia diurna con cada noche de restricción del sueño. El porcentaje encontrado en nuestro estudio de malos dormidores está relacionado con lo planteado por Rosales *et al.* (2007), que menciona que en estudios epidemiológicos de somnolencia en la población en general adulta existe una prevalencia entre 15% a 35% de mala calidad del sueño. (Narang *et al.*, 2012; Lomeli *et al.*, 2008).

En las categorías de edades entre 33 a 36 y 41 a 44 se evidencia el aumento del grado de somnolencia (9.36 y 8.7 respectivamente). Estos altos valores de somnolencia diurna según algunos autores están relacionados con un pobre desempeño académico (Ellenbogen *et al.*, 2007). Existe diferencia significativas ( $t = 3.034$ ;  $df = 318$ ;  $p = 0.002573$ ) entre el sexo del individuo y el grado de Somnolencia (SSS). Ambos sexos sufren de somnolencia sin embargo el sexo femenino tiene mayor somnolencia que los varones, pero existe mayor variación en los valores de los varones en cuanto al grado de somnolencia (SSS) (Figura 9), por lo que es importante que se den más estudios para entender mejor los grados de somnolencia en los varones y las actividades que podrían estar afectándolos. Según (Mong & Cusmano, 2016), las mujeres suelen informar de una calidad de sueño deficiente y muchos despertares nocturnos, en las distintas etapas de la vida. Este sexo por tanto está mayormente vinculado con trastornos de sueño y sueño insuficiente, que lleva a trastornos en el estado de ánimo y a depresión.

Existe diferencias significativas entre las media en cuanto a la edad de los encuestados y el grado de somnolencia (ESS) diurno de los estudiantes  $F(42, 277)=1.7179$ ,  $p=0.0059$ . Según los investigadores son los adolescentes y jóvenes de 12 a 25 años la población en alto riesgo, de sufrir somnolencia diurna. Debido a que se encuentran en una etapa del desarrollo que implica cambios a nivel biológico y social; las variaciones en los patrones de sueño en esta etapa repercuten en sus vidas futuras Escobar-Córdoba *et al.* (2008) y Pérez-Larraya (2007). Aquellas personas con trabajos por turnos o que permanecen en largos periodos de estudio, son personas susceptibles para sufrir déficit de sueño.

Según Warner (2008), es la luz artificial emitida por los ordenadores un factor ambiental que contribuye a disminuir la cantidad de melatonina segregada, lo que impediría que los jóvenes se den cuenta de su necesidad de dormir. Esto probablemente este influyendo en la hora de inicio del sueño.

### **Agradecimientos**

Gracias a todas los estudiantes, profesores y equipo de investigación de la Universidad Especializada de las Américas que han colaborado en este estudio. Se reconoce la orientación recibida para el diseño inicial de este manuscrito a través del Seminario-Taller de redacción de artículos ofrecida por el decanato de la Facultad de Biociencias y Salud Pública (junio 2021).

### **Conclusión**

Los jóvenes entre 21 a 24 años tienen un valor de somnolencia diurna según la Epworth Sleepiness Scale (ESS), los valores altos podrían llevar al estudiante a quedarse dormido en situaciones o momentos que son riesgoso para la vida de ellos. Los valores medios se reportaron entre los 41 a 44 años, estos estudiantes podrían estar sufriendo de una baja concentración. Al realizar la ANOVA se observa que hay diferencias significativas de las media en cuanto a la edad de los encuestados y el grado de somnolencia diurno  $F(42, 277)=1.7179$ ,  $p=0.0059$ .

Además, los datos demuestran que ambos sexos sufren de somnolencia diurna. Sin embargo, el sexo femenino tiene mayor somnolencia que los varones, pero existe mayor variación en los valores de los varones en cuanto al grado de somnolencia.

La mayoría (60.3%) de los estudiantes duermen entre 6 a 8 horas por noche, siendo importante mencionar que existe un 18.11 % reconoce dormir menos de 5 horas. Esta población de adultos podría estar sufriendo serios ¿??? de somnolencia diurna, que estaría afectado su vida diaria.

### **Financiamiento**

Fondos concursables de la Universidad Especializada de las Américas N° 08-2019

## Anexo

The screenshot shows a Google Forms interface for a questionnaire titled "CUESTIONARIO DE SUEÑO 2020". The form includes a description field, a required "Correo" (Email) field with a validation message "Correo válido", and a consent statement: "Doy mi consentimiento para uso de datos en la investigación. El objetivo es caracterizar los horarios de sueño de los jóvenes universitarios, en Panamá. No aparecerán mis datos personales. Sólo mis respuestas." Below the consent statement are two radio button options: "Si" and "No". The form is displayed in a light blue theme with a sidebar on the right containing editing tools.

This section of the questionnaire contains three questions, each with radio button options:

- Sexo \***
  - Femenino
  - Masculino
- Edad (años) \***

Texto de respuesta corta
- nivel académico \***
  - secundario
  - licenciatura
  - técnico
  - posgrado

This section of the questionnaire contains two Likert scale questions, each with five radio button options ranging from 0 to 3:

- 1-Has llegado a sentirte cansado, o a sentir somnolencia, o incluso a dormirse al estar Sentado \* y leyendo.**
  - 0 =nunca me adormece
  - 1 = siento algo de adormecimiento
  - 2 = siento un adormecimiento moderado
  - 3 = siento un adormecimiento intenso.
- 2 Has llegado a sentirte cansado, o a sentir somnolencia, o incluso a dormirse al estar viendo \* la televisión**
  - 0 =nunca me adormece
  - 1 = siento algo de adormecimiento
  - 2 = siento un adormecimiento moderado
  - 3 = siento un adormecimiento intenso

3 Has llegado a sentirte cansado, o a sentir somnolencia, o incluso a dormirte al estar Sentado inactivo en un lugar público (cine, reunión) \*


0 =nunca me adormece

1 = siento algo de adormecimiento

2 = siento un adormecimiento moderado

3 = siento un adormecimiento intenso.

Otra...



4 Has llegado a sentirte cansado, o a sentir somnolencia, o incluso a dormirte al estar como pasajero en un auto sin parar durante una hora. \*

0 =nunca me adormece

1 = siento algo de adormecimiento

2 = siento un adormecimiento moderado

3 = siento un adormecimiento intenso.


5 Has llegado a sentirte cansado, o a sentir somnolencia, o incluso a dormirte al estar Sentado tranquilamente después de una comida sin alcohol \*

0 =nunca me adormece

1 = siento algo de adormecimiento

2 = siento un adormecimiento moderado

3 = siento un adormecimiento intenso.



6- Has llegado a sentirte cansado, o a sentir somnolencia, o incluso a dormirte al estar Acostado después de comer para descansar cuando puede hacerlo \*

0 =nunca me adormece

1 = siento algo de adormecimiento

2 = siento un adormecimiento moderado

3 = siento un adormecimiento intenso.


7 Has llegado a sentirte cansado, o a sentir somnolencia, o incluso a dormirte al estar Sentado y hablando con alguien \*

0 =nunca me adormece

1 = siento algo de adormecimiento

2 = siento un adormecimiento moderado

3 = siento un adormecimiento intenso.



8. Has llegado a sentirte cansado, o a sentir somnolencia, o incluso a dormirte al estar En el carro, parado unos minutos cuando se detiene el trafico \*

0 =nunca me adormece

1 = siento algo de adormecimiento

2 = siento un adormecimiento moderado

3 = siento un adormecimiento intenso.

9- Encierra en un círculo la frase que describa mejor tu grado de somnolencia en este momento. \*

1.Me siento en plena forma y lleno de vitalidad, alerta totalmente despierto

2.Bastante activado pero no al máximo, capaz de reaccionar

3.Relajado, despierto pero no del todo despierto, con tendencia a dejarse ir.

4.Adormecido, empezando a no intentar seguir despierto, enlenteciéndome

10-Si por algún motivo te has acostado varias horas más tarde de lo habitual, y el día siguiente no has de levantarte a ninguna hora en particular. ¿A qué hora crees que te despertarías? \*

1a Más tarde de lo habitual.

2a A la hora habitual y volvería a dormirme.

3a A la hora habitual y luego dormiría.

4a A la hora habitual y ya no dormiría más.

11- Una noche permaneces despierto hasta las 4 a 6 de la madrugada debido a trabajo nocturno. Sin tener ningún compromiso al día siguiente, ¿Qué preferirías? \*

1a No acostarme hasta pasado el turno.

2a Dormir antes y dormir después.

3a Un buen sueño antes y un sueñecito después

4a Dormir antes del turno.

12- Mi sueño normalmente es: \*

1= bueno y profundo

2= -inquieto y con dificultades

3= me cuesta conciliar el sueño

4=me despierto muchas veces durante la noche

13- Normalmente me acosto: \*

1- entre las 7 y 10 de la noche


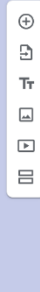


2- entre la nueve y 10:00 noche





3- entre 10 y 12 noche

4- después de las 12 de la noche

Otra...



<p>14.-Antes de irme a la cama suelo: *</p> <p><input type="radio"/> 1- comer o beber algo, fumar</p> <p><input type="radio"/> 2- escribir un diario</p> <p><input type="radio"/> 3- preparar mochila /ropa /ordenar la habitación</p> <p><input type="radio"/> 4- jugar video juegos/ computadora/celular</p> <p><input type="radio"/> Otra...</p>	
<p>15- Me despierto normalmente *</p> <p><input type="radio"/> 1- despejado y listo</p> <p><input type="radio"/> 2-tardo algo en despertarme</p> <p><input type="radio"/> 3- tardo mucho en despertarme</p> <p><input type="radio"/> Otra...</p>	
<p>16- Tengo pesadillas *</p> <p><input type="radio"/> 1- nunca</p> <p><input type="radio"/> 2- alguna vez</p> <p><input type="radio"/> 3- a menudo</p> <p><input type="radio"/> 4- siempre</p> <p><input type="radio"/> Otra...</p>	
<p>17- Hablo dormido *</p> <p><input type="radio"/> 1- nunca</p> <p><input type="radio"/> 2- alguna vez</p> <p><input type="radio"/> 3- a menudo</p> <p><input type="radio"/> 4- siempre</p>	
<p>18- Cantidad de horas que duermo normalmente en total durante la noche *</p> <p><input type="radio"/> 1. entre 6 a 8 horas</p> <p><input type="radio"/> 2. Entre 8 y 10 horas</p> <p><input type="radio"/> 3.- más de 12 horas</p> <p><input type="radio"/> 4- 5 o menos horas</p> <p><input type="radio"/> Otra...</p>	
<p>19- En los últimos 15 días he perdido horas de sueño por imposibilidad para dormir (malestar problemas, enfermedades nerviosas) *</p> <p><input type="radio"/> 1- No</p> <p><input type="radio"/> 2. Si</p> <p><input type="radio"/> 3- no recuerdo</p>	

<p>20- Durante los últimos 30 días has perdido horas de sueño. *</p> <p><input type="radio"/> 1=Si</p> <p><input type="radio"/> 2=No</p> <p><input type="radio"/> 3= No recuerdo</p>	
<p>21- En cama antes de dormir *</p> <p><input type="radio"/> 1- hablaba con un hermano, padre u otro familiar</p> <p><input type="radio"/> 2- abrazaba un muñeco, tela, etc.</p> <p><input type="radio"/> 3- dejaba la luz encendida</p> <p><input type="radio"/> 4- encendía el abanico/aire acondicionado</p>	
<p>22 -La noche del domingo a lunes duermo mal, despertándome con frecuencia y levantándome cansado. *</p> <p><input type="radio"/> 1-Si</p> <p><input type="radio"/> 2- No</p> <p><input type="radio"/> Otra...</p>	
<p>23- Durante la noche hago movimientos bruscos y repetidos de cabeza, brazos o piernas: *</p> <p><input type="radio"/> 1= nunca</p> <p><input type="radio"/> 2- alguna vez</p> <p><input type="radio"/> 3- a menudo</p> <p><input type="radio"/> 4- siempre</p>	
<p>24- Durante la noche rechino los dientes *</p> <p><input type="radio"/> 1- Nunca</p> <p><input type="radio"/> 2- alguna vez</p> <p><input type="radio"/> 3- A menudo</p> <p><input type="radio"/> 4- siempre</p>	
<p>25- Grito durante la noche: *</p> <p><input type="radio"/> 1-nunca</p> <p><input type="radio"/> 2- alguna vez</p> <p><input type="radio"/> 3- a menudo</p> <p><input type="radio"/> 4- siempre</p>	

26- Me considero una persona deportista \*

1. sí

2. no

27- Consumo drogas o uso sustancia diariamente: \*

1-nunca

2- alguna vez

3- a menudo

4- siempre

28- Fumo drogas o uso cualquier otra sustancia químicas (pastillas...)\*

1-nunca

2- alguna vez

3- a menudo

4- siempre

29- Me acuesto mas tarde de lo normal los fines de semana: \*

1-nunca

2-- alguna vez

3- a menudo

4- siempre

30- En épocas de exámenes me acuesto más tarde de lo habitual: \*

1-nunca

2-- alguna vez

3- a menudo

4- siempre

31- Mis padres /tutores tienen problemas de sueño. \*

1-No

2-sí ¿Cual?\_\_\_\_\_

3- No sé

Otra...

32 -Mis hermanos tienen problemas de sueño. \*

1-No

2-sí ¿Cual?\_\_\_\_\_

3- no sé

4. No tengo hermanos

33- Mis abuelos tienen problemas de sueño. \*

1-No

2- Si ¿Cual?\_\_\_\_\_

3- No sé

34- Mis padres (o tutores) consideran que entre semana mi sueño es: \*

1.-bueno

2.- regular

3.- malo

no saben

35- Mis padres (o tutores) consideran que mi sueño los fines de semana es: \*

1. bueno

2. regular

3. mal

4. no saben

36- Mis padres tienen una hora habitual de dormir . \*

1. No

2. Sí, ¿Cuál? \_\_\_\_\_

3. No saben

37- Mis padres sufren de somnolencia diurna . \*

1. No

2. Si

3. No sé

38- Mis hermanos sufren de somnolencia diurna \*

1. No

2. Sí

3. No se

39- Mis abuelos sufren de somnolencia diurna \*

No

si

No sé

40- Si sólo pensaras en cuando te sentirías mejor y fueras totalmente libre de planificarte el día, ¿A qué hora te levantarías?

⊕ Varias opciones

1= Entre 11 a.m y 12:00 mediodía ×

2= Entre 9:30 y 11:00 de la mañana ×

3= Entre 8 y 9:30 de la mañana ×

2=Entre 6:30 y las 8:00 de la mañana ×

5=Entre 4:00 y 6:30 de la mañana ×

Añadir opción o añadir respuesta "Otro"

Clave de respuestas (0 puntos)   Obligatorio

42- Para levantarte por la mañana a una hora específica. ¿Hasta qué punto necesitas que te avise el despertador?

4= No lo necesito

3= Lo necesito poco.

2= Lo necesito bastante.

1= Lo necesito mucho!

Añadir opción o añadir respuesta "Otro"

Clave de respuestas (0 puntos)

Obligatorio

## Referencias:

1. Adan, A. & Guárdia, J. (1997). efectos de la hora del día y la personalidad en la activacion Auto.evaluada. *Psicothema*, 9(1), 133-143.
2. Akerstedt & Gillberg, M. (1990). Subjective and objective sleepiness in the active individual. *Int. J. Neurosci.*, 562, pp. 29.
3. Arias-Carrión, O., Huitrón-Reséndiz, S., Arankowsky-Sandoval, G. Y., & Murillo-Rodríguez, E. (2011). Modulación bioquímica del ciclo sueño-vigilia: Factores endógenos inductores del sueño. *J. Neurosci. Res.* 89: 1143-1149. <https://doi.org/10.1002/jnr.22666>.
4. Buysse, DJ., Reynolds, CF., Monk, TH., Berman, SR., & Kupfer, DJ. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res.* May;28(2):193-213. doi: 10.1016/0165-1781(89)90047-4. PMID: 2748771.
5. Carskadon, M. A. & Dement, W. C. (2000). Normal human sleep an overview: En M. H. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement, *principles and Practices of sleep Medicine* (págs. 15-25). Philadelphia: W. B. Saunders Company.
6. Collado Mateo, M. J., Díaz-Morales, J. F., Escribano Barreno, C., Delgado Prieto, P., & Randler, C. (2012). Morningness-eveningness and sleep habits among adolescents: age and gender differences. *Psicothema*, 24(Número 3), 410-415. Recuperado a partir de <https://reunido.uniovi.es/index.php/PST/article/view/9591>.
7. Dorrian, J., Rogers, NL., & Dinges, DF. (2005). Rendimiento de la vigilancia psicomotora: un ensayo neurocognitivo sensible a la pérdida de sueño. En C. Kushida (Ed.), *Privación del sueño: problemas clínicos, farmacología y efectos de la pérdida del sueño* (págs. 39-70). Nueva York: Marcel Dekker.

8. Durmer, JS. & Dinges, DF. (2005). Consecuencias neurocognitivas de la falta de sueño Seminarios en neurología, depresióngenetics.med.upenn.edu.
9. Escobar-Córdoba, F., Cortés-Rueda, MF., Canal-Ortiz, JS., Colmenares-Becerra, LA., Becerra-Ramírez, HA et al. (2008). Somnolencia diurna excesiva en estudiantes de tercer semestre de medicina de la universidad nacional de Colombia. Rev Fac Med. 56: 235-244.
10. Ellenbogen, JM., Payne, JD., & Stickgold, R. (2006). The role of sleep in declarative memory consolidation: passive, permissive, active or none? *Curr Opin Neurobiol* 16:716–722.
11. Garaulet Aza, M. & Gómez Abellán, P. (2016). Clock genes. Circadian rhythms and predisposition to obesity. *An Real Acad Farm* , 82( Special Issue ), 44-54.
12. Golombek, D. (2007). *Introducción a la máquina del tiempo*. En: Golombek D, compilador. Cronobiología Humana: Ritmos y relojes biológicos en la salud y en la enfermedad. Argentina: Universidad Nacional de Quilmes 2002: 21-31.
13. Hoddes, E., Zarcone, V., Smythe, H., Phillips, R., & Dement, WC. (1973). Quantification of sleepiness: a new approach. *Psychophysiology*, 10, pp. 431-436 (Stanford Sleepiness Scale). DOI: 10.1111 / j.1469-8986.1973.tb00801.x.
14. Horne, J.A. & Pettitt, A.N. (1985). High incentive effects on vigilance performance during 72 hours of total sleep deprivation, *Acta Psychologica*, Volume 58, Issue 2, pags 123-139, ISSN 0001-6918, [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(85\)90003-4](https://doi.org/10.1016/0001-6918(85)90003-4).
15. Hoddes, E., Zarcone, V., Smythe, H., Phillips, R., & Dement, WC. (1973). Quantification of sleepiness: a new approach. *Psychophysiology*; 10: 431-6.
16. Huitron- Resendiz, S. & Sanchez-Alavez, M. (2004). DN Wills Caracterización de los patrones de sueño- vigilia en ratones que carecen de amida hidrolasa de ácidos grasos. *academic.oup.com-Sueño*.
17. INEC (2017). Instituto Nacional de Estadísticas, Panamá en Cifras ISSN 0078-8996. 2014-2018.
18. Johns, MW. (1991). A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep*.14:540-5. PubMed ID: 1798888 PubMed.
19. Kribbs, NB. & Dinges, D. (1994). Disminución de la vigilancia y somnolencia. En RD Ogilvie y JR Harsh (Eds.), *Inicio del sueño*:

- procesos normales y anormales* (págs. 113-125). Asociación Americana de Psicología. <https://doi.org/10.1037/10166-007>.
20. Lomeli, HA., Pérez-Olmos, I., Talero-Gutiérrez, C., Moreno, CB., González-Reyes, R et al. (2008). Escalas y cuestionarios para evaluar el sueño: una revisión. *Actas Esp Psiquiatr.* 36(1): 50-59.
  21. Meijer, J. H., Deboer, T., & Détári, L. (2007). Efectos a largo plazo de la privación del sueño en el marcapasos circadiano de mamíferos, *Sueño*, Volumen 30, Número 3, marzo de, páginas 257–262, <https://doi.org/10.1093/sleep/30.3.257>.
  22. Mong, J. & Cusmano, D. (2016). Sex differences in sleep: impact of biological sex and sex steroids. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 20150110(371). doi:<https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0110>.
  23. Murray, DJ. & Elkin, AJ. (1974). Los efectos de la pérdida de sueño en la memoria de reconocimiento a corto plazo. *Revista Canadiense de Psicología /Revue canadienne de psychologie*, 28 (2), 192-198. <https://doi.org/10.1037/h0081986>.
  24. National Sleep Foundation (2004). Sleep in America: 1995 Gallup Poll conducted for the National Sleep Foundation. Available February 23.
  25. Narang, I. & Mathew, J. L. (2012). Obesidad infantil y apnea obstructiva del sueño Volumen 2012 | ID del artículo 134202 Revista de Nutrición y Metabolismo. <https://doi.org/10.1155/2012/134202>.
  26. Pérez-Larraya, JG., Toledo, JB., Urrestarazu, E., & Iriarte, J. (2007). Clasificación de los trastornos del sueño. *An Sist Sanit Navar.* 30(1): 19-36.
  27. Rogers, NL., Van Dongen, HPA., & Dinges, DF. (2003). Sleep debt: Theoretical and empirical issues. - *Sleep and Biological Rhythms*, Springer.
  28. Roberts, RE., Roberts, CR., & Chen, IG. (2000). Ethnocultural differences in sleep complaints among adolescents. *J Nerv Ment Dis.* Apr;188(4):222-9. doi: 10.1097/00005053-200004000-00005. PMID: 10789999.
  29. Rosales, E., Egoavil, M., La Cruz, C., & de Castro, JR. (2007). Somnolencia y calidad del sueño en estudiantes de medicina de una universidad peruana. *An Fac Med Lima.* 68(2).
  30. Shahid, A., Wilkinson, K., Marcu, S., & Shapiro C.M. (2011) Karolinska Sleepiness Scale (KSS). In: Shahid A., Wilkinson K., Marcu S., Shapiro C. (eds) STOP, THAT and One Hundred Other Sleep Scales. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9893-4\\_47](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9893-4_47).
  31. Valentinuzzi, V. & Fontenele Araujo, J. (2008). Los ritmos biológicos y el aprendizaje. *Ingenierías*, XI(40), 41-46.

32. Warner, S., Murray, G., & Meyer, D. (2008). Holiday and school-term sleep patterns of Australian adolescents. *Journal of adolescence*, Elsevier.





## The Effect of B, Al, N, and P Impurities on the Electronic Structure of $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7}\text{Ge}$ alloy: A First-Principles Approach

Collins E. Ouserigha, (Ph.D.)  
Ayibapreye K. Benjamin, (Ph.D.)  
Niger Delta University, Nigeria

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p186](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p186)

Submitted: 04 October 2021  
Accepted: 26 December 2021  
Published: 31 January 2022

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

*Cite As:*

Ouserigha E.C. & Benjamin A.K. (2022). *The effect of B, Al, N, and P impurities on the electronic structure of  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7}\text{Ge}$  alloy: a first-principles approach*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p186>

### Abstract

This study examines the effect of doping  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7}\text{Ge}$  with an impurity element X (B, Al, N, or P) on the Sn site, using first-principle calculations based on the fully self-consistent Korringa-Kohn-Rostoker method with the coherent potential approximation (KKR-CPA). To treat several forms of chemical disorders of  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7}\text{Ge}$ , X-doping was carried out by substituting small amounts of Sn with each element X, which gives rise to the alloy  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{X}_y\text{Ge}$ . As the X content increases from  $y = 0.01$  to 0.06, the Fermi level maintains its position in the conduction band edge. While the number of states at the Fermi level decreases. With 1% X impurity added to the alloy  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{X}_y\text{Ge}$ , the number of carriers (electron and hole) states was generally enhanced. For the case of  $X = \text{P}$ , when compared to the parent material  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7}\text{Ge}$ , an enhancement of 0.04 states/eV was observed. Due to the increase in the number of states, which indicates an improvement in thermopower, these alloys  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{X}_y\text{Ge}$  are promising for application as n-type electrodes in a thermoelectric generator (TEG).

**Keywords:** First-principles, chemical disorders, thermopower, thermoelectric generator, KKR-CPA.

## 1.0. Introduction

SiGe-based alloys are a promising material for thermoelectric devices such as a micro-energy generator for wearable and portable electronics (Peng *et al.*, 2019; Francioso *et al.*, 2011). SiGe compounds have the advantage of being widely available, inexpensive, and non-toxic. So, there is an increasing interest to use SiGe alloys in thermoelectric generators. A thermoelectric generator (TEG) converts heat into electricity through a temperature difference between two sides of the device. The efficiency of such a device depends on the thermoelectric material's figure of merit  $ZT$ , which is a dimensionless quantity. This in turn depends on the product of the square of the Seebeck coefficient and electrical conductivity ( $\alpha^2\sigma$ ), called the thermopower. Hence, to get an efficient TEG, the thermopower of the thermoelectric material should be high.

It is generally known that to increase the  $ZT$  values of a thermoelectric material, the Seebeck coefficient and electrical conductivity need to be high, while, the thermal conductivity has to be low. So, a high Seebeck coefficient and electrical conductivity indicates an enhancement in the thermopower. An improvement in thermopower can be achieved through an increase in the electronic density of state (DOS) at the Fermi level (Chen *et al.*, 2012; He & Tritt, 2017). One of the ways of increasing the thermopower is through bandstructure engineering (He & Tritt, 2017), which has to do with tuning the electronic structure of the promising material by adding impurity elements to it.

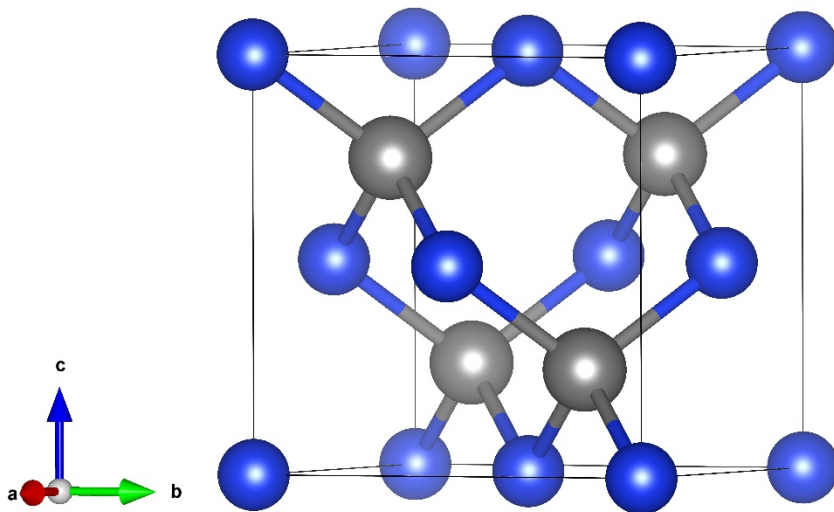
Motivated by the works of Peng *et al.*, 2019 and Bhogra *et al.*, 2019, that through ion implantation, the thermoelectric properties of materials can be tuned (Peng *et al.*, 2019; Bhogra *et al.*, 2019). And the promising results from the work of Ouserigha and Ogobiri (2021), where the addition of one percent Boron (B) impurity to the SiGe-based alloy,  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7}\text{Ge}$  lead to an increase in the number of carrier states. Here, a small amount of impurity elements X (1 to 6%) from group III (Boron {B} and Aluminium {Al}) and group V (Nitrogen {N} and Phosphorus {P}) of the periodic table are added to the  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7}\text{Ge}$  alloy on the Si site. The systems were modeled with the spin-polarized relativistic Korringa-Kohn-Rostoker (SPR-KKR) density functional theory code (Ebert *et al.*, 2011). The simulation results show that the alloys  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.69}\text{B}_{0.01}\text{Ge}$ ,  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.69}\text{Al}_{0.01}\text{Ge}$ ,  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.69}\text{N}_{0.01}\text{Ge}$ , and  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.64}\text{P}_{0.06}\text{Ge}$  has the highest number of carrier states.

## 2.0. Computational Method

The atomic positions in the conventional unit cell of zinc-blende SiGe (space group  $F\bar{4}3m$ ) are given by the Wyckoff position  $4a$  (0, 0, 0) for Si atom and  $4c$  (0.25, 0.25, 0.25) for Ge atom. This conventional unit cell of SiGe with lattice parameter  $a = 10.5825$  a.u is shown in figure 2.1. For the impurity-

doped systems,  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{X}_y\text{Ge}$ , element X (B, Al, N, and P) was inserted into the Sn site to form the new alloys. Where  $y$  represents the doping concentration with values from 0.01 to 0.06.

The calculations were performed using the Korringa-Kohn-Rostoker Green's function (KKR-GF) method as implemented in the Munich spin-polarized relativistic Korringa-Kohn-Rostoker (SPR-KKR) code (Ebert *et al.*, 2011). KKR-GF method is an all-electron electronic structure method that provides direct access to the electronic Green's Function (GF) and uses a minimal, numerical and energy-dependent basis set. Is an accurate and flexible method to study a wide range of systems and properties in electronic structure theory. In the KKR-GF method, GF plays the central role and the single-particle GF is used as the starting point of the calculation. To perform the simulations, we used the local density approximation – Vosko, Wilk, Nusair (LDA-VWN) exchange-correlation functional (Vosko *et al.*, 1980) throughout the calculations. The coherent potential approximation (CPA) is implemented for the chemically disordered systems. In the self-consistent field (SCF) calculations, a full potential spin-polarized relativistic Korringa-Kohn-Rostoker (FP-SPR-KKR) calculation was set up with a  $25 \times 25 \times 25$   $k$ -mesh grid (which generates 2119  $k$ -points) and energy (E)-mesh points of 50 Ry. Broyden's second method has been implemented for the SCF algorithm. An angular momentum expansion ( $l_{\max}$ ) of two was used.



**Figure 2.1.** Cubic structure of SiGe. Blue (small) spheres represent Si atoms at position (0, 0, 0) while gray (large) spheres represent Ge atoms at position (0.25, 0.25, 0.25).

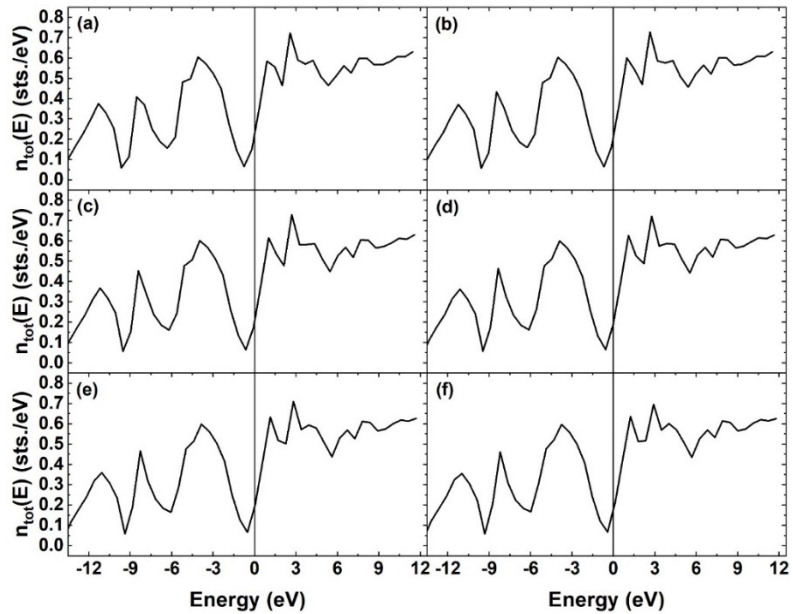
### 3.0. Discussion of Results

With the introduction of each impurity element X (B, Al, N, and P) into  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{X}_y\text{Ge}$  with the impurity concentration  $y$  varying from 0.01 to

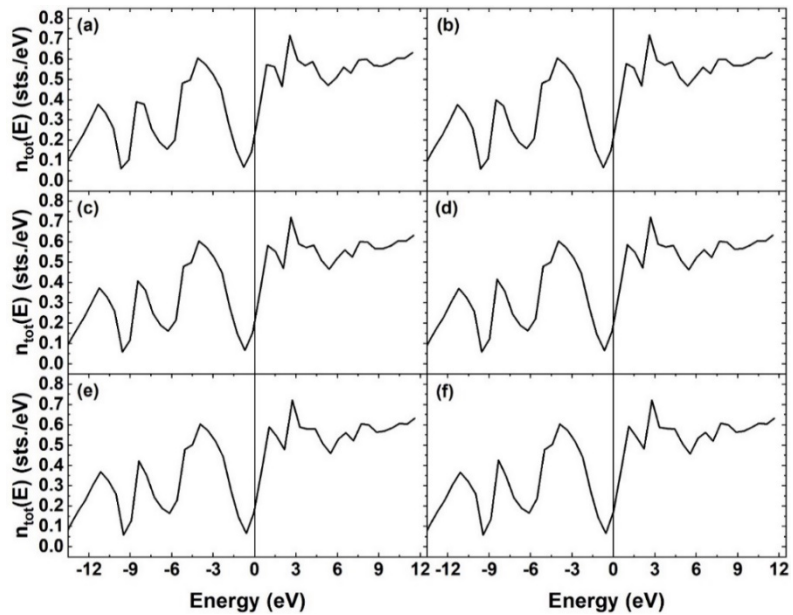
0.06, several robust n-type thermoelectric alloys were formed. These alloys are  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{B}_y\text{Ge}$ ,  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{Al}_y\text{Ge}$ ,  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{N}_y\text{Ge}$ , and  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{P}_y\text{Ge}$ , whose total density of state (dos) plots are given in figures 3.1 to 3.4. The small amount of group III or V impurities introduced into the Sn site can lead to improvement in the power factor. And when the number of states is high from the dos plots (figures 3.1 to 3.4) for a given impurity concentration, it indicates that the power factor is also high for that particular alloy. Increasing the amount of X impurity from 0.01 to 0.06 with a step increment of 0.01 did not affect the conductivity type. The n-type conductivity of the parent alloy  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7}\text{Ge}$  was maintained by the newly formed alloys and an increase in the total number of electronic states was observed. With an increase in the number of states at the Fermi level, the thermopower of the materials will improve and they can be used as an n-type material in a thermoelectric device.

Figures 3.1, 3.2, 3.3, and 3.4 show the total DOS plots, respectively, for the  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{B}_y\text{Ge}$ ,  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{Al}_y\text{Ge}$ ,  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{N}_y\text{Ge}$ , and  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{P}_y\text{Ge}$  alloys. In each of these figures, the graphs (a) through (f) represent the DOS plots for the impurity concentration y as it increases from 0.01 through 0.06 in the interval 0.01. For the alloy systems  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{B}_y\text{Ge}$ ,  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{Al}_y\text{Ge}$ , and  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{N}_y\text{Ge}$ , as the amount of impurity concentration y increases from 0.01 to 0.06, the number of carrier (electron and hole) states per unit volume per energy decreases as shown in table 1. While in the case of  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7-y}\text{P}_y\text{Ge}$  an increase in the impurity concentration results in an increase in the total number of carrier states (see table 1).

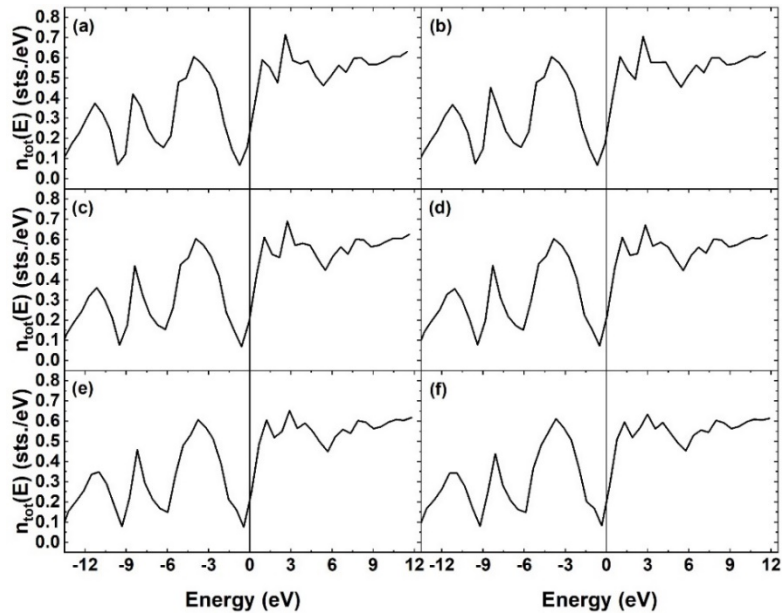
From table 1, we can see that the highest value for the carrier states is 0.264 states/eV and the alloy that produces this value is  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.64}\text{P}_{0.06}\text{Ge}$ . Also, when 1% of the impurity atoms of B, Al, N was introduced into the Sn site of  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7}\text{Ge}$ , the following alloys were formed:  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.69}\text{B}_{0.01}\text{Ge}$ ,  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.69}\text{Al}_{0.01}\text{Ge}$ , and  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.69}\text{N}_{0.01}\text{Ge}$ . These alloys have an increased number of carrier states as can be seen in Table 1 when compared to the computed carrier states of 0.117 states/eV for the parent alloy  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7}\text{Ge}$  (Ouserigha and Ogobiri, 2021). With an improvement in their carrier states, it means the conductivities of these alloys will increase, making them promising n-type materials for a TEG.



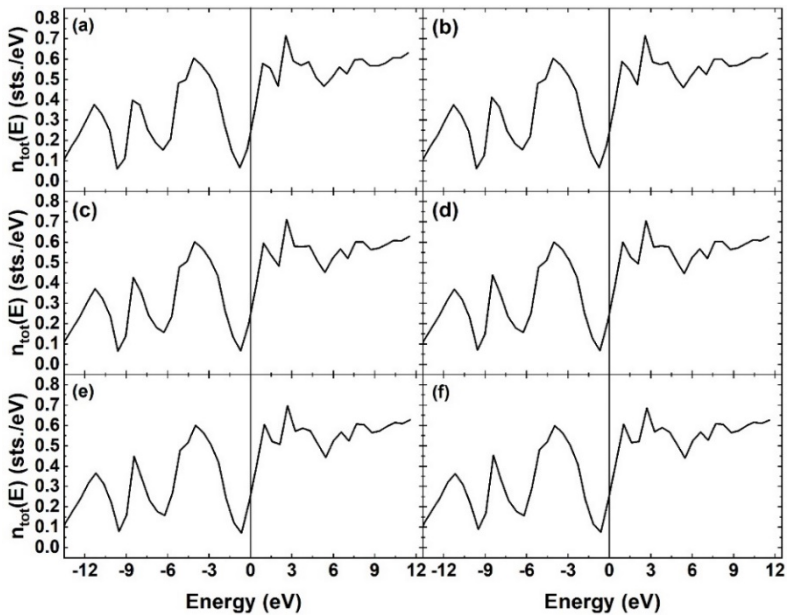
**Figure 3.1.** Total DOS of  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7}\text{Ge}$  doped with Boron impurities for a varying amount of concentration  $y$ . Impurity concentration  $y$  is from 0.01 to 0.06, which is respectively given in figures (a) to (f).



**Figure 3.2.** Total DOS of  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7}\text{Ge}$  doped with Aluminium impurities for a varying amount of concentration  $y$ . Impurity concentration  $y$  is from 0.01 to 0.06, which is respectively given in figures (a) to (f).



**Figure 3.3.** Total DOS of  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7}\text{Ge}$  doped with Nitrogen impurities for a varying amount of concentration  $y$ . Impurity concentration  $y$  is from 0.01 to 0.06, which is respectively given in figures (a) to (f).



**Figure 3.4.** Total DOS of  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.7}\text{Ge}$  doped with Phosphorus impurities for a varying amount of concentration  $y$ . Impurity concentration  $y$  is from 0.01 to 0.06, which is respectively given in figures (a) to (f).



**Table 1.** Total number (No.) of the carrier (electron and hole) states at the Fermi level ( $E_F$ ) for the alloy systems  $Si_{0.3}Sn_{0.7-y}B_yGe$ ,  $Si_{0.3}Sn_{0.7-y}Al_yGe$ ,  $Si_{0.3}Sn_{0.7-y}N_yGe$ , and  $Si_{0.3}Sn_{0.7-y}P_yGe$ .

S/N	Amount of impurity Conc. y	Total No. of States at $E_F$ for $Si_{0.3}Sn_{0.7-y}B_yGe$	Total No. of States at $E_F$ for $Si_{0.3}Sn_{0.7-y}Al_yGe$	Total No. of States at $E_F$ for $Si_{0.3}Sn_{0.7-y}N_yGe$	Total No. of States at $E_F$ for $Si_{0.3}Sn_{0.7-y}P_yGe$
1	0.01	0.227	0.228	0.231	0.241
2	0.02	0.217	0.218	0.223	0.246
3	0.03	0.207	0.208	0.217	0.251
4	0.04	0.198	0.197	0.210	0.255
5	0.05	0.193	0.184	0.210	0.259
6	0.06	0.183	0.171	0.203	0.264

## Conclusion

Density functional theory studies have been carried out on  $Si_{0.3}Sn_{0.7-y}X_yGe$  ( $X = B, Al, N, P$ ) using the full potential relativistic Korringa-Kohn-Rostoker Green function (KKR-GF) method as implemented in the Munich SPR-KKR simulation software. Analysis of the density of states plots of these alloys indicates that they all maintain the n-type conductivity of the parent alloy  $Si_{0.3}Sn_{0.7}Ge$  and some of them show an increased number of carrier states when a small quantity of the dopant X is added. These features can be seen in figures 3.1 to 3.4, where the dip of the curve around the Fermi level (the zero mark on the energy axis) is located on the left side of the fermi level and the point where the curve cuts through the Fermi level indicates the carrier states per electron-volt (eV). With 1% of the impurity element X (for  $X = B, Al,$  and  $N$ ) added to form the alloys;  $Si_{0.3}Sn_{0.69}B_{0.01}Ge$ ,  $Si_{0.3}Sn_{0.69}Al_{0.01}Ge$ , and  $Si_{0.3}Sn_{0.69}N_{0.01}Ge$ , the highest number of carrier states, respectively given as 0.227, 0.228, and 0.231 states/eV was reached. While the highest number of carrier states of 0.264 states/eV for the alloy  $Si_{0.3}Sn_{0.64}P_{0.06}Ge$  was achieved at 6% P impurity added to  $Si_{0.3}Sn_{0.7-y}X_yGe$  (see table 1). The high carrier states observed for these materials are an indication that their electrical conductivity and Seebeck coefficient have increased. Which makes these alloys ( $Si_{0.3}Sn_{0.69}B_{0.01}Ge$ ,  $Si_{0.3}Sn_{0.69}Al_{0.01}Ge$ ,  $Si_{0.3}Sn_{0.69}N_{0.01}Ge$ , and  $Si_{0.3}Sn_{0.64}P_{0.06}Ge$ ) possible candidates for application as an n-type thermoelectric material. SiGe-based n-type electrode for TEGs has not been studied widely and quaternary compounds made by ion implantation have been shown to increase the thermoelectric performance of a thermoelectric material (Bhogra *et al.*, 2019; Peng *et al.*, 2019). This research work has

contributed to existing knowledge by supporting the work of Peng *et al.*, 2019 and has shown other possible alloys ( $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.69}\text{Al}_{0.01}\text{Ge}$ ,  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.69}\text{N}_{0.01}\text{Ge}$ , and  $\text{Si}_{0.3}\text{Sn}_{0.64}\text{P}_{0.06}\text{Ge}$ ) that can be made via implanting Al, N, P ion in a SiGe based thermoelectric material.

### Acknowledgment

The authors are grateful to Dr. Nimibofa Ayawei for his useful deliberations and the financial support received towards this research work. In addition, the authors appreciate the insightful comments from the reviewers and the editor-in-chief.

### References:

1. Bhogra, A., Masarrat, A., Meena, R., Hasina, D., Bala, M., Dong, C. L., Chen C., Som T., Kumar A., & Kandasami, A. (2019). Tuning the electrical and thermoelectric properties of N ion implanted  $\text{SrTiO}_3$  thin films and their conduction mechanisms. *Scientific Reports*, 9(1), 1-11.
2. Chen, Z. G., Han, G., Yang, L., Cheng, L., & Zou, J. (2012). Nanostructured thermoelectric materials: Current research and future challenge. *Progress in Natural Science: Materials International*, 22(6), 535-549.
3. Ebert, H., Koedderitzsch, D., & Minar, J. (2011). Calculating condensed matter properties using the KKR-Green's function method—recent developments and applications. *Reports on Progress in Physics*, 74(9), 096501.
4. Francioso, L., De Pascali, C., Farella, I., Martucci, C., Cretì, P., Siciliano, P., & Perrone, A. (2011). Flexible thermoelectric generator for ambient assisted living wearable biometric sensors. *Journal of Power Sources*, 196(6), 3239-3243.
5. He, J., & Tritt, T. M. (2017). Advances in thermoelectric materials research: Looking back and moving forward. *Science*, 357(6358).
6. Ouserigha, C. E., & Ogobiri, G. E. (2021, April). First-principles investigation of the electronic and thermoelectric properties of SiGe doped with Sn and one percent B. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 730, No. 1, p. 012001). IOP Publishing.
7. Peng, Y., Miao, L., Gao, J., Liu, C., Kurosawa, M., Nakatsuka, O., & Zaima, S. (2019). Realizing High Thermoelectric Performance at Ambient Temperature by Ternary Alloying in Polycrystalline  $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x\text{Sn}_y$  Thin Films with Boron Ion Implantation. *Scientific Reports*, 9(1), 1-9.



8. Vosko, S. H., Wilk, L., & Nusair, M. (1980). Accurate spin-dependent electron liquid correlation energies for local spin density calculations: a critical analysis. *Canadian Journal of Physics*, 58(8), 1200-1211.



## Knowledge Sharing, Individualism, Collectivism, and Organizational Innovative Behaviour in Public Health Organizations

*Khawaja Asif Tasneem ,*

School of International and Public Affairs, Shanghai Jiao tong University,  
Xuhui District, Shanghai, China

*Saba Feroz Qureshi,*

School of International and Public Affairs, Shanghai Jiao tong University,  
Xuhui District, Shanghai, China

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p195](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p195)

Submitted: 06 October 2021

Accepted: 29 December 2021

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Asif Tasneem K., & Qureshi F.S., (2022). *Knowledge Sharing, Individualism, Collectivism, and Organizational Innovative Behaviour in Public Health Organizations*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p195>

### Abstract

This paper focuses on investigating the more innovative employees, i.e., individualists or collectivists, in the public sector when it comes to knowledge sharing and organizational culture. The study adopted quantitative research technique and data was collected through an online survey. A field study was conducted and data was obtained from 480 employees working in Pakistan's two major public health institutions so as to test the study's hypotheses. A hierarchical linear regression model was used to test the hypotheses. The results show that there is a significant positive influence of organizational-based knowledge sharing, individual-based knowledge sharing, collectivism, and individualism on organizational innovative behaviour in the organizations. This study also found a significant positive impact of collectivism and individualism as moderators on organizational innovative behaviours. The study further concluded that collectivism has a higher positive impact on organizational innovative behaviour in comparison to individualism.

**Keywords:** Individualism, Collectivism, Individual-Based Knowledge

## Sharing, Organizational-Based Knowledge Sharing, Organizational Innovative Behaviour

### Abbreviations:

Organizational-based knowledge sharing (OKS), individual-based knowledge sharing (IKS)

### Introduction

As economies around the world become more informative, the trend towards knowledge sharing and organizational innovation has become a central component of competitiveness (Teixeira et al., 2019). In any case, an association's ability to develop usually depends on its ability to use its knowledge-based assets to create and use its information skills to produce and sustain inventive abilities (Killingsworth et al., 2016). Experts recognize that an association's ability to express imagination and creativity depends on the exchange of information within and between divisions and departments (Obeidat et al., 2016).

Previous analysts have recognized the enormous influence of association's organizational culture on knowledge sharing (Hong et al., 2018), creativity (Chen et al., 2016), organizational innovation (Kim, 2019), and the performance of the organization (Akhavan & Hosseini, 2016). The current peer reviews perceive organizational culture as the most important and significant enabler of knowledge sharing that further empowers associations to be resourceful, innovative, and creative (Bao et al., 2015). The ability of an organization to create, impart, and influence information depends largely on its practices, the general qualities and beliefs that determine its culture, and the behaviour of the employees for their knowledge sharing (Haq & Anwar, 2016). There is a significant correlation between knowledge sharing and organizational culture because of the cognitive framework. However, the behaviour and attitudes of the organizations' employees are influenced by the organizational culture (Yang et al., 2015).

Tipu and Ryan (2012) conducted a study to estimate the influence of transformational leadership on organizational culture and the behaviour of organizational innovation. Hassan et al. (2012) also conducted a study to assess the relationship between the performance of employees, organizational innovation, and organizational culture in the healthcare sector of Pakistan. On the other hand, Ndubisi and Iftikhar (2012) tried to evaluate the relationship between organizational performance, organizational innovation, and entrepreneurship. Salman et al. (2016) conducted a pilot study to identify the factors for the innovative organizational culture of the public healthcare institutions of Pakistan. According to Shahzad et al. (2017), a study was conducted to estimate the impact of organizational culture on the innovative

performance in the healthcare sector of Pakistan. In addition to this, San et al. (2019) tried to evaluate the performance of the healthcare manufacturing sector of Pakistan through organizational culture and the environmental control management systems. Khan et al. (2020) further conducted a study to assess the performance of the organization through organizational culture and entrepreneurial orientation through the mediation of organizational innovation. Meanwhile, Khan et al. (2020) also carried out a study to estimate the mediating role of organizational innovation on the performance and organizational culture of the organizations in the healthcare manufacturing sector of Pakistan. Hence, this is the first study to be conducted in context of Pakistan's public sector to estimate the impact of knowledge sharing and organizational culture on the organizational innovative behaviour of the employees. This research will be included in those studies that have utilized the behavioural qualities of knowledge while thinking about individual-based knowledge sharing and organizational-based knowledge sharing. The principal reason for this research is to examine the collectivism and individualism role on the organizational innovative behaviour in Pakistan's public sector organizations. Therefore, this study aims to identify the more innovative employees in terms of government organizations with collectivistic organizational culture or those with individualist organizational culture. The major contribution of the research is that it seeks to provide much needed rational facts on knowledge sharing and organizational innovation in public sector organizations. More so, this research will aid scholars to study the behaviour of the employees working in the government sector of Pakistan. This study will also help the employers, managers, and management to practically device the concept of knowledge sharing among government sector employees. Data gathered from this research will be used to show how knowledge sharing is associated with organizational innovation and organizational culture. Below is the research question of the study:

Does organizational innovation evolve more from individualist or collectivist employees in a public organization?

Accordingly, the literature review of this study reveals the information and knowledge required for hypotheses development. Furthermore, in the methodology segment, the method of research is elucidated. The findings also shed light upon the hypotheses results. This leads to the conclusion and a further discussion on the research theme where the future inferences of the findings and limitation of the study will be mentioned.

### **Knowledge Sharing**

Akhavan et al. (2015) characterized knowledge sharing as people who share data, thoughts, ideas, and skills with each other that are important to an organization. Knowledge in contemporary dynamic and competitive era is

considered as the blood vein of an organization and it has been pinpointed as an important factor for an organization's survival. This indicates that knowledge for an organization is as crucial as management of other assets. To gain a competitive advantage and to be a successful, organizations greatly rely on knowledge that has become a resource, which is an important factor of success for organizations (Haq & Anwar, 2016). Therefore, in order to achieve the objectives and goals of the organization and the primary driver to long term success for the organization, managers now consider knowledge management as a crucial component of modern-day technology. The process of knowledge management is multifaceted which is propelled by power equations within the organizations. An underlying part in knowledge management is to disseminate knowledge and make it available and practical between organizational departments and individuals as well (Paulin & Suneson, 2012; Bilginoğlu, 2019).

As a scientific field of study, knowledge management has increasingly become an interesting research topic. Knowledge sharing is one of the most important parts in knowledge management, which is highly essential to develop in the organizations, specifically between and among teams. Employees in return are given the opportunity to provide, share, and employ knowledge that would help the organization to have better outcomes. Nonetheless, it is also contended that there is a significant difference between communication and knowledge sharing (Pangil & Nasurddin, 2013; Fteimi & Lehner, 2016). This implies that it is impracticable to distribute knowledge effortlessly. Knowledge sharing is established on the association between parties, i.e., one-party having knowledge and the other party obtaining knowledge (Kashari & Taheri, 2019). Knowledge sharing is also essentially a demonstration that knowledge is communicated to others through associations (Teixeira et al., 2019). This means that knowledge sharing is considered to be a positive force in creating associations of inventors, especially when there is a more defined social organizational culture (Obeidat et al., 2016). Similarly, to knowledge management, the process of knowledge sharing is also complicated with respect to the different perceptions of knowledge holders regarding self-ownership or organizational information. This is because they make decisions regarding what knowledge they would share as well as with whom and when (Bilginoğlu, 2019)

### **Organizational Culture**

Although the meaning of organizational culture has long been studied and discussed by anthropologists and sociologists, 'few anthropologists agree as to what to include under the general rubric of culture' (Yang et al., 2015). Organizational culture is identified as a strong enabler of knowledge sharing which further allows organizations to be more creative and innovative (Ahmed

et al., 2016). With a focus on social issues, Haq and Anwar (2016) characterize organizational culture as a collection of collaborative boundaries that are identified with 'patterned ways of thinking, feeling, and reacting that constitutes the distinctive way of life of a group of people' (Bao et al., 2015). In this sense, organizational culture includes 'the collective programming of the mind that distinguishes the members of one group or category of people from others' (Akhavan & Hosseini, 2016), in which the cumulative brain programming and lifestyle are 'handed down from one generation to the next through means of language and imitations' (Kim, 2019). Therefore, it is clear that organizational culture is an unpredictable idea, and there is no generally accepted meaning of organizational culture in the empirical evidences. More generally, 'organizational culture seems to distinguish one group from another based on a certain set of values, beliefs, behaviour, and attitudes which is shared, interpreted, and transmitted over time within a collective. This makes the collective unique and distinguishes that collective from other collectives' (Chen et al., 2016). Thus, people in a particular social climate are inevitably influenced by the social atmosphere in which they live, both at the organizational and social levels. According to Hong et al. (2018), 'the various facets of organizational culture are interrelated and once you touch an organizational culture in one place, everything else is affected'.

### **Knowledge Sharing and Organizational Culture**

The role of organizational culture in promoting knowledge sharing is inevitable and has received considerable attention from various researchers. For instance, Alavi et al. (2006), Al-Alawi et al. (2007), and Gilson et al. (2013) have studied organizational culture, innovation, creativity, and knowledge sharing. Therefore, it is highly important for an organization to foster innovative culture which will encourage employees to share knowledge across the teams and organization. An innovative organizational culture assists the leader to transform the individual and team knowledge of employees as well as their experiences and skills into organizational knowledge through continuous knowledge sharing (Park & Kim, 2018).

It is believed that because of organizational culture, the knowledge sharing process has often encountered difficulties. A study conducted by Khan et al. (2020) reveals that organizational culture was recognized as the greatest obstacle to the flow of information and the inability to change individual practices is seen as the prime hindrance for the management of knowledge (Yang et al., 2015). Another study found that most organizations demonstrated that a hierarchical organizational culture is a significant obstacle for the successful implementation of their initiatives regarding the knowledge management (Tipu & Ryan, 2012). In addition to this, the empirical evidences show that the cultural role in knowledge management has focused on issues

such as the influence of organizational culture on the behaviour of knowledge sharing (Hassan et al., 2012), the influence of organizational culture on the abilities facilitated by knowledge management (Ndubisi & Iftikhar, 2012), and the success on the initiatives of knowledge management (Salman et al., 2016). Organizational culture influences communication practices in four main ways:

- 1) Organizational culture strongly influences what the association considers useful, important or legal information;
- 2) Organizational culture interferes with the relationship between levels of information. This implies that it determines what is connected with the association and what information remains under the control of the individual worker, thereby determining who should control explicit information, as well as who should share it, and with whom it can be hoard;
- 3) Organizational culture produces a subtext for social cooperation as it refers to the guiding principles and practices that define the atmosphere in which people communicate.
- 4) Organizational culture forms the formation and appropriation of new information.

An organizational culture defines a social environment that decides ‘who is expected to control what knowledge, as well as who must share it, and who can hoard it’ (Shahzad et al., 2017, p.12). San et al. (2019) reports that much of the information provided by executives is related to attempts to form established societies that interfere with their understanding of the knowledge management programs (Khan et al., 2020). Various findings from different researches (Khan et al., 2020) show the significant influence that organizational culture can have on leaders’ information and sharing practices, as well as on the urgent work of top management in organizational culture development that promotes these practices (Nguyen, 2020).

Organizational culture influences the degree of coordination of efforts within an association (Yang et al., 2015), and cooperation is a path to a beneficial exchange of information. Killingsworth et al. (2016) explored multifaceted contrasts using examples of communication that depended on three models: ‘individualism versus collectivism, in-group versus out-group orientation, and fear of losing face’. Individualism is the tendency of people to set their own goals in front of the goals of the association, while people from collectivist societies usually propose goals for the majority of the population, groups or organization to which they belong. Collectivists tend to make a clear distinction between people from an out-group and from an in-group. Chen et al. (2016) examined factors influencing information sharing practices and



found that, for example, Chinese citizens are significantly more reluctant to share information with another party than representatives in the United States. Hong et al. (2018) found that individualists are more concerned with acquiring faces (intriguing partners) than collectivists. They also found that people who needed to find a face had to use official channels of correspondence to demonstrate their discernment and ability, while people who were afraid of losing face preferred more casual channels of correspondence.

### **Organizational Innovation**

As in the case of culture, ‘there are many different definitions of organizational innovation in current research. However, the number and diversity of definitions leads to a situation in which there is no clear and authoritative definition of organizational innovation’ (Akhavan et al., 2015, p.34). In addition, the current empirical evidences make extensive use of the promotion mediator to assess development. These intermediaries for promotion include new creative thoughts (Akhavan & Hosseini, 2016) and new innovations or strategies (Obeidat et al., 2016). Organizational innovation is the most important aspect of organizational capacities to achieve and keep competitive advantage. More so, it is conditional on knowledge sharing between the employees.

Regardless of the reason for the organizational innovation proposed by various scholars, there are two clear point of views. From one point of view, organizational innovation includes an era of new thoughts and is a multi-step measure by which associations transform thoughts into new or improved goods, services or measures (Yang et al., 2015). On the other hand, organizational innovation involves the use of a sequence of new things such as new elements or controls, new hierarchical structures or management structures, and new plans and new projects which is completely aimed at expanding organizational performance and growth, maintaining intelligent communication, and making organizational progress (Obeidat et al., 2016)

### **Knowledge Sharing and Organizational Innovation**

The factor supporting organizational innovation is the exchange of knowledge and information. It is considered unlikely that organizational innovation occurs without knowledge sharing (Kim, 2019). Acquisition of knowledge and skills through collaboration has been a viable and active method of effective organizational innovation (Akhavan & Hosseini, 2016). In terms of organizational innovation, sharing knowledge is trading in abilities that allow you to produce or upgrade services and goods that are of significant value. Imparting knowledge is also an important asset in promoting fundamental subjects (Bao et al., 2015). The findings of Haq and Anwar (2016), depending on meta-analysis, reveal that communication can anticipate



group work. Lack of knowledge and information is a major barrier for organizational innovation (Yang et al., 2015). Knowledge sharing is an important factor that encourages innovation and it is doubtful that innovation can happen in the absence of knowledge sharing (Kremer et al., 2019). In many organizations, knowledge and skills are acquired and shared mostly in teams and it has been considered as an effective way towards successful innovation. Additionally, Magnus and DeChurch (2009) observed that the performance of a team is predicted by knowledge sharing among team members, while the lack of knowledge is considered as a primary barrier to innovation (Castaneda & Cuellar, 2020). Darroch and McNaughton (2002) expressed that an organization is likely to nurture its innovative culture where knowledge sharing among employees is encouraged so as to generate new ideas and assist innovative capabilities (Castaneda & Cuellar, 2020).

According to Aljuwaiber (2016), an association that facilitates the exchange of knowledge and information can generate new thoughts and work with inventive ability. Akhavan et al. (2015) also found that organizations that increase their participation in information networks tend to expand their innovative capabilities. Several studies have analyzed the relationship between knowledge sharing and organizational innovation, but so far none have considered the chronic stages of improvement of these both ideas. Furthermore, several authors have noted the importance of jointly reviewing knowledge sharing and organizational innovation. Chen et al. (2016) found that the more attention a measure of inferred information attracts, the higher the organization's growth potential. The implicit exchange of knowledge and information is fundamental to ingenuity as it is difficult for others to replicate. Knowledge and information exchange is the component that converts inferred information into unambiguous, and two types of information drive progress. Based on the study findings of Aljuwaiber (2016), the exchange of information and knowledge strongly influences the organizational innovation of associations. This was also noted by Chen et al. (2016), where information and knowledge sharing expanded inventive abilities of the organizations. Hong et al. (2018) found that casual exchange of information and knowledge is the most productive developmental pathway. In addition to this, the practice of sharing information and knowledge is critical to the resourcefulness of those sharing information and knowledge in terms of their inclination and ability to promote and implement new thoughts. According to Obeidat et al. (2016), communication is an arbiter between organizational performance and collective organizational innovation. It is also a mediator between individual organizational innovation and collective well-being (Teixeira et al., 2019). Similarly, there is evidence that collective communication between organizations can drive organizational innovation (Killingsworth et al., 2016). Also, the study carried out by Akhavan et al. (2015) indicate that exploitative

organizational innovation is influenced by the collective knowledge sharing at in-group level.

### **Individualism & Collectivism**

Individualism and collectivism are cultural constructs that illustrate the extent to which individuals are autonomous or embedded in their groups (Gelfand et al., 2004; Triandis & Gelfand, 2012).

In psychology, one of the first operationalizations of individualism was offered by Hofstede (1980, 1991) who used the terms of individualism and collectivism to describe possible forms of relationships between individuals and the groups to which they belong. According to him, individualism pertains to a society in which the ties between individuals are loose and everyone is expected to look only after himself or herself and his or her immediate family. Individualists aspire to achieve self-satisfaction and reach one's full potential (Berry et al., 1997; Triandis, 1995). Consequently, individualists maintain an internal locus of control by assuming personal responsibility for their actions and well-being. In order to attain such goals, individualists deny rigid standards and avoid social pressures of conformity. Hence, it is likely that individualists maintain looser connections to people in their immediate group and larger society.

Collectivism is regarded as a core construct in analyzing cultural effects on human relationship. Hofstede and Bond (1984) defined collectivism as "a psychological tendency that places collective interests above individual interests". Triandis (1996) considered collectivism as an important cultural feature. House et al. (2004) defined cultural characteristics in nine dimensions such as uncertainty avoidance, institutional collectivism, and in-group collectivism. Many scholars in China have explored the connotation of collectivism in Chinese context. For example, Fan et al. (2014) defined collectivism as the psychological tendency reflecting the degree of individual's concern for others and the collective. With this tendency, one's behaviour should and must meet the expectations of role norms. Li and Chen (2015) stated that the core of collectivism was the mutual obligation between group and individuals, which focuses on the collective goals and the desire to get along with others.

Although a clear definition of collectivism is still debatable, research on the impact of collectivism on individual behaviour has been growing rapidly. For example, Jiang et al. (2016) concluded that collectivism could influence employees' cognitive and behavioural tendencies and affect their behavioural outcomes as well, of which knowledge sharing and innovative behaviour were two prominent outcomes.

## **Hypotheses of the Study**

The study generated the following hypotheses based on the past literature:

- H1:** Individual based knowledge sharing has positive impact on organizational innovative behaviour in the organizations.
- H2:** Organizational based knowledge sharing has positive impact on organizational innovative behaviour in the organizations.
- H3:** Individualism has positive moderating impact on organizational innovative behaviour in the organizations.
- H4:** Collectivism has positive moderating impact on organizational innovative behaviour in the organizations.
- H5:** Positive impact of moderating individualism on organizational innovative behaviour is greater than the moderating collectivism on organizational innovative behaviour.

## **Methodology**

### **Data Collection**

The convenient sampling technique was applied to collect data. The survey was conducted through online google form and it was shared to the individuals employed within the two main public health institutions of Pakistan, i.e., National Institute of Health (NIH) and Pakistan Institute of Medical Sciences (PIMS). The survey was shared with 700 employees and 540 responses were returned to the researcher. Out of 540 surveys, 60 surveys were excluded because of missing values from the analysis. Thus, 480 employees were selected as a sample size for final analysis. The data study was cross sectional, and it was conducted within six months.

### **Measurements**

The data was collected through survey questionnaire. The items of the survey were adapted from the past empirical evidences. After going through vast literature, the items of the variables were selected and adapted according to the context of Pakistan. Five-point Likert scale was used to measure the items and they were scored as '1=Strongly Disagree, 2= Disagree, 3=Neutral, 4= Agree, 5= Strongly Agree'.

The variable organizational-based knowledge sharing (OKS) and individual-based knowledge sharing (IKS) were adapted from Pian et al. (2019), Xie and Ma (2007), and He et al. (2009). The OKS was based on four items: "I exchange and share my experience and knowledge with the team (organization). I share my knowledge to promote the development of the team (organization). I exchange and share knowledge needed or beneficial to the development of the team (organization). I share my experience and knowledge through the organization website, database, and other public platforms". The IKS was based on these four items: "I share my experience and knowledge

with colleagues. I share my knowledge to complete my own work or that of a colleague. I exchange and share knowledge that is conducive to completing a certain task of myself or my colleagues. I spread and share knowledge through non-public channels such as chats, discussions, etc.”

The organizational innovative behaviour was adapted from the study of Pian et al. (2019) and Liu et al. (2016). The organizational innovative behaviour was based on these five items: “I often generate some creative ideas or thoughts at work. I market my new ideas to colleagues or leaders to get their support and recognition. To realize my ideas or organizational innovations, I try my best to obtain the resources I need. I actively formulate appropriate plans or projects to implement my innovative ideas. I always provide recommendations to help my colleagues realize their innovative ideas”. The individualism and collectivism were adapted from the study of Van and De Jong (2009). The four items of individualism were: “I tend to do my own thing, and others in my organization do the same. It is important to me that I perform better than others on a task. I would rather work alone than do a group task. If I have a difficult problem, I rather decide by myself than consult with others”. The four Items of collectivism were: “I make an effort to avoid disagreements with my group members. How I behave depends on who I am with, where I am, or both. I would rather do a task in a group than do one alone. Before making a decision, I always consult with others.”

## **Sampling**

After confirming the reliability, validity, and normality of the data, the descriptive analysis was carried out. It was found that, out of 480 respondents, 338 male respondents had a ratio of 70.4 percent, while 142 female respondents had a ratio of 29.6 percent. There is a large difference between the male and female respondents because of the gender diversity in employment in Pakistan. This is due to a deficiency of female working group in Pakistan’s community especially in the public sector. Another reason for less involvement by the women is the lack of female interest in the research participation.

While identifying the age group, 312 participants were within the age range of 18-24 years with a ratio of 65 percent. On the other hand, 122 participants were within the age range of 32-38 years with a ratio of 25.6 percent. 46 participants, within the age range of 39-44 years, had a ratio of 9.4 percent. However, it was observed that there was no participant within the age range of 25-31 years or older than 44 years.

While estimating the working period of the respondents, 48 participants had a ratio of 10 percent from the group of employees whose working period was less than 1 year with their organization. Subsequently, 94 participants had a ratio of 19.6 percent with 1 year working period, 197

participants had a ratio of 41.0 percent from 1-2 years working period, and 141 participants had a ratio of 29.4 percent from the 2-3 years working period (Table 1).

Table 1. Sampling

Variable	Frequency	Percentage
Gender		
Male	338	70.4
Female	142	29.6
Age		
18-24 years	312	65.0
32-38 years	122	25.6
39-44 years	46	9.4
Working Period		
Less than 1 year	48	10.0
1 Year	94	19.6
1-2 Years	197	41.0
2-3 Years	141	29.4

Source: Author

## Results and Analysis

### Reliability and Validity

The data was analysed through SPSS version 26. After cleaning the data, it was inserted in SPSS. Thereafter, the data was validated by confirming its Cronbach's Alpha. The Cronbach's Alpha for organizational innovative behaviour was  $\alpha=0.758$ , the value of IKS was  $\alpha=0.775$ , the value of OKS was  $\alpha=0.766$ , the value of collectivism was  $\alpha=0.772$ , and the value of individualism was  $\alpha=0.799$ . According to Hair (2009), the acceptable range for Cronbach's Alpha is above  $\alpha=0.50$  (Table 2). Hence, every variable is in the acceptable range. Data was also found to be normally distributed since the normal range for skewness is between -2 to +2, and the normal range for kurtosis is between -7 to +7 (Blanca et al., 2013; Hair, 2009) (Table 2). Furthermore, the common method bias for variables was checked by the application of the Harman's single factor method. The data indicated 39.614 percent of the variance, which is in the acceptable range since it is less than 50 percent.

Table 2. Cronbach's Alpha, Skewness, and Kurtosis

Variable	Cronbach's Alpha	Skewness	Kurtosis
Organizational Innovative Behaviour	0.758	0.522	-0.549
Organizational Knowledge Sharing	0.766	0.416	-0.782
Individual Knowledge Sharing	0.775	0.527	-0.582
Collectivism	0.772	0.473	-0.688
Individualism	0.799	0.386	-0.870

### Pearson Correlation

Table 3 shows the Pearson Correlation test results. The analysis of correlation shows that there was significantly positive relationship among the variables.

Table 3. Pearson Correlation

		OIB	IKS	OKS	C	I
OIB	Pearson Correlation	1	.680**	.683**	.664**	.615**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000
	N	480	480	480	480	480
IKS	Pearson Correlation	.680**	1	.634**	.613**	.563**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000
	N	480	480	480	480	480
OKS	Pearson Correlation	.683**	.634**	1	.615**	.564**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000
	N	480	480	480	480	480
C	Pearson Correlation	.664**	.613**	.615**	1	.546**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000
	N	480	480	480	480	480
I	Pearson Correlation	.615**	.563**	.564**	.546**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	
	N	480	480	480	480	480

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Source: Author

### Hypotheses Testing

In order to test the hypotheses, the Hierarchical Regression Analysis was carried out with the help of SPSS version 26. This study has adopted 3 steps model of Hierarchical Regression Analysis. In the first step, the control/demographic variables were inserted in the model. In the second step, the independent variables, i.e., individual-based knowledge sharing and individualism were inserted, while organizational innovative behaviour was inserted as the dependent variable. In the third step, the moderating variable (individualism × IKS) was inserted. A positive significant relationship was found between IKS and organizational innovative behaviour ( $\beta=0.491$ ,  $P=0.00$ ). In the same way, individualism was found to be positively significant with organizational innovative behaviour ( $\beta=0.340$ ,  $P=0.00$ ). Furthermore, the moderating effect of individualism was also found to be positively significant with the organizational innovative behaviour ( $\beta=1.464$ ,  $P=0.00$ ). Thus, this study supports hypothesis 1 and 3 simultaneously (Table 4).

Table 4. The Hierarchical Regression Analysis for Hypothesis 1 and 3

Model	Beta	Sig.	F	R <sup>2</sup>	$\Delta R^2$	
1	(Constant)	.000	0.001	0.029	0.036	
	Gender	-.119				.019
	Age	-.107				.029
	Working Period	-.066				.178

2	(Constant)		.001	0.00	0.538	0.507
	Gender	-.009	.795			
	Age	.022	.522			
	Working Period	-.048	.155			
	IKS	.491	.000			
	I	.340	.000			
3	(Constant)		.000	0.00	0.616	0.078
	Gender	.062	.060			
	Age	-.079	.017			
	Working Period	-.026	.404			
	IKS	-.349	.000			
	I	-.451	.000			
	individualism*IKS	1.464	.000			

Dependent Variable: Organizational innovative behavior  
 Source: Author

In order to test hypothesis 2 and 4, 3 steps model of Hierarchical Regression Analysis was conducted. In the first step, the control/demographic variables were inserted in the model. In the second step, the independent variables, i.e., organizational-based knowledge sharing and collectivism were inserted, while organizational innovative behaviour was inserted as the dependent variable. In the third step, the moderating variable (collectivism  $\times$  OKS) was inserted. A positively significant relationship was found between OKS and organizational innovative behaviour ( $\beta=0.439$ ,  $P=0.00$ ). In the same way, collectivism was found to be positively significant with organizational innovative behaviour ( $\beta=0.391$ ,  $P=0.00$ ). Furthermore, the moderating effect of collectivism was also found to be positively significant with the organizational innovative behaviour ( $\beta=1.364$ ,  $P=0.00$ ). Therefore, this study supports hypothesis 2 and 4 (Table 5).

Table 5. The Hierarchical Regression Analysis for Hypothesis 2 and 4

Model	Beta	Sig.	F	R <sup>2</sup>	$\Delta R^2$	
1	(Constant)		0.001	0.029	0.036	
	Gender	-.119				.019
	Age	-.107				.029
	Working Period	-.066				.178
2	(Constant)		0.00	0.558	0.527	
	Gender	-.007				.839
	Age	-.010				.754
	Working Period	-.013				.705
	OKS	.439				.000
	C	.391				.000
3	(Constant)		0.00	0.631	0.073	
	Gender	.057				.074
	Age	-.104				.001
	Working Period	.001				.987
	OKS	-.322				.000



	C	-.339	.000			
	collectivism*OKS	1.364	.000			

Dependent Variable: Innovative Behavior  
 Source: Author

In addition to this, hypothesis 5 is tested on the basis of the results obtained through Table 4 and 5. The result of this study shows that individualism has a positive and significant impact on organizational innovative behaviour ( $\beta=0.340$ ,  $P=0.00$ ). In the same way, collectivism also has a positively significant impact on organizational innovative behaviour ( $\beta=0.391$ ,  $P=0.00$ ). However, collectivism is found to have higher impact in comparison to individualism. Hence, this study does not support hypothesis 5.

### Discussion

It is indicated by the estimated results of the study that there is a significant role of knowledge sharing on the organizational innovative behaviour of the employees in an organization. This study has categorised knowledge sharing into two categories: individual-based knowledge sharing (IKS) and organizational-based knowledge sharing (OKS). The results of the study have estimated both forms of knowledge sharing as positively significant with organizational innovation. For the first time, knowledge sharing was categorised on the basis of behaviour before it was implied as a characteristic of knowledge. In this way, it is one of the pioneer studies to apply knowledge sharing as behavioural characteristics. It is also the first study in the context of Pakistan to use the behavioural characteristics of the knowledge sharing behaviour.

Based on the results of this study, individualism has a positive and significant impact on the organizational innovative behaviour of the public healthcare organization. These findings are empirically supported by Pian et al. (2019), Bradley et al. (2013), Griffith and Rubera (2014), and Engelen et al. (2014). It is stated by Bradley et al. (2013) that the people from individualist organizational culture are solely responsible for their decisions. Therefore, they tend to take more risks in order to accomplish their goals. This is why individualists are considered to be more innovative. Furthermore, Erez and Nouri (2010) mentioned that individualists are more important for the creation and generation of innovative ideas, which ultimately leads towards organizational innovative behaviour (Desmarchelier & Fang, 2016). Conversely, there are some studies (Engelen et al., 2014; Kaasa & Vadi, 2010) that could not estimate any significant relationship between the individualism and innovative behaviour. One of the major reasons the individualists are more innovative is the reception of reward, appraisal, and promotion at their jobs. Nonetheless, this study has found that there is significantly positive relationship between collectivism and organizational innovative behaviour of



the employees in a public healthcare organization. This finding is supported by Tian et al. (2018), Pian et al. (2019), and Engelen et al. (2014). Meanwhile, it is widely accepted that collectivists are innovative and collectivism leads to organizational innovative behaviour. This is because individuals are expected to share their knowledge and skills with their colleagues, which becomes a major reason for the development of new ideas, products, and services. While making a comparison between individualism and collectivism, this study has also identified that collectivism has more impact on the organizational innovative behaviour of the organization. The same finding has been suggested by previous scholars (Yang et al., 2015; Bao et al., 2015; Akhavan & Hosseini, 2016; Kim, 2019). One of the major reasons collectivists are more innovative is because they share their ideas, knowledge, and experiences, which minimises the chances of failing and increases the chances of being more successful. This is the reason why in most public healthcare organizations, the research and development department is established to enhance organizational innovation in their organizations. However, some studies established that individualists are more innovative because they handle their responsibility while taking risks and they try to do their best in order to receive reward from their senior management. Therefore, it can be stated that the role of individualism and collectivism is yet contradictory because of the mixed findings in the literature.

Accordingly, this study has found significantly positive impact of individualism moderation with organizational innovative behaviour. The moderation of individualism is applied through individual-based knowledge sharing in the organizations. The individual-based knowledge sharing is a behaviour in which knowledge is shared with an individual to complete his task or to correct his mistakes. In this way, people learn and improve their skills and they also tend to innovate new things at their jobs. Similarly, this study revealed the moderation impact of collectivism significantly positive with the organizational-based knowledge sharing behaviour. In this behaviour, the particular knowledge is shared with everyone or the organization arranges training sessions for its employees to increase their skills and performance, which tends them towards organizational innovative behaviour.

## **Conclusion**

In this competitive era, knowledge sharing has been considered as the most important factor for the sustainability of the organizations in the competitive market. Knowledge sharing is considered to be an integral part of knowledge management system. This is because knowledge sharing leads to organizational innovative behaviour of the organization's employees and innovation in the organization as well. Therefore, in present times, the area of knowledge sharing and organizational innovation has become the central

focus of the researchers. However, most of the studies have only focused on the characteristics of knowledge. Therefore, this study is included in the foundations of those few studies that have utilised the behavioural characteristics of knowledge, while considering the individual-based knowledge sharing and organizational-based knowledge sharing. In addition, this is the first study to be conducted in the context of Pakistan's government sector. The purpose of this study was to compare the individualism and collectivism role on organizational innovative behaviour of organizations. Conclusively, this study affirms that there is a positively significant role of individualism, collectivism, individual-based knowledge sharing and organizational-based knowledge sharing on organizational innovative behaviour. Furthermore, this study also found the significantly positive impact of collectivism and individualism's moderation on organizational innovative behaviour. After comparing the data, it is evident that collectivists are more innovative in comparison to the individualists in public sector organizations.

### **Implications of the Study**

The cultural dynamics of Pakistan are quite diverse. This is possibly the main reason why individualism and collectivism, as moderating variables, have significant impact on the organizational innovative behaviour of the employees in the organizations. Therefore, it is more important for the managers, senior managers, and entrepreneurs to be more vigilant about their cultural contexts and adopt strategies accordingly to make their employees more innovative. The findings of the study further showed that collectivists are more innovative in comparison to the individualists. Therefore, it is opined that the senior management should encourage a sharing attitude of organizational level knowledge. Also, during the promotion process, they should assess the behaviour of the individuals so that the individuals with collectivism approach should be given leadership roles to improve the organizational performance and also enhance innovation in the organization.

### **Limitations of the study**

Every study has its strengths and limitations. Therefore, this study faced some limitations also. One of the major limitations of this study is the small sample size. Secondly, this study only focused on the Pakistan's public healthcare sector. As a result, future studies can be added from different South Asian countries to have better and generalized results. Thirdly, the study comprised of few variables which particularly ignored the characteristics of the knowledge to be included and only considered the behavioural characteristics of knowledge. Thus, future studies can include more variables in the model to estimate improved results. The future studies can also adopt mixed method approach with focus group and face to face interviews to have

better results. Fourthly, this study adopted cross sectional data collection technique due to time constraint issues. Therefore, future studies can adopt longitudinal data collection technique to have improved results over a longer period of time. Lastly, the study only adopted the moderating role of individualism and collectivism. Nevertheless, future studies can assess them as mediating role or they may include other mediating variables to have better findings.

### References:

1. Ahmed, F., Shahzad, K., Aslam, H., Bajwa, S., & Bahoo, R. (2016). The role of collaborative culture in knowledge sharing and creativity among employees. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, 10 (2), 335-358.
2. Akhavan, P. & Hosseini, M.S. (2016). Social capital, knowledge sharing, and innovation capability: an empirical study of R&D teams in Iran. *Technology Analysis & Strategic Management*, 28(1), 96-113.
3. Akhavan, P., Hosseini, S. M., Abbasi, M., & Manteghi, M. (2015). Knowledge-sharing determinants, behaviours, and innovative work behaviours. *Aslib journal of information management*.
4. Alavi, M., Kayworth, T., & Leidner, D. (2006). An Empirical Examination of the Influence of Organizational Culture on Knowledge Management Practices. *Journal of Management Information Systems*, 22. 191-224.
5. Alawi, A., Al-Marzooqi, N.Y., & Mohammed, Y.F. (2007). Organizational culture and knowledge sharing: critical success factors. *Journal of Knowledge Management*, 11, 22-42.
6. Aljuwaiber, A. (2016). Communities of practice as an initiative for knowledge sharing in business organisations: a literature review. *Journal of Knowledge Management*.
7. Bao, G., Zhang, Z., & Chen, J. (2015). The mediation of in-group identification between collectivism and knowledge sharing. *Innovation*, 17(3), 341-363.
8. Berry, J. W., Segall, M. H., & Kagitcibasi, C. (1997). Handbook of Cross-Cultural Psychology: Social Behavior and Application, Vol. 3.
9. Blanca, M. J., Arnau, J., López-Montiel, D., Bono, R., & Bendayan, R. (2013). Skewness and kurtosis in real data samples. *Methodology: European Journal of Research Methods for the Behavioral and Social Sciences*, 9(2), 78–84.
10. Bilginoğlu, E. (2018). Knowledge Hoarding: A Literature Review. *Management Science Letters*, 9.

11. Bradley, F., Gao, Y., & Sousa, C. M. (2013). A natural science approach to investigate cross-cultural managerial creativity. *International Business Review*, 22(5), 839-855.
12. Castaneda, D. & Cuellar, S. (2020). Knowledge sharing and innovation: A systematic review. *Knowledge and Process Management*, 27.
13. Chen, S., Zhang, G., Zhang, A., & Xu, J. (2016). Collectivism-oriented human resource management and innovation performance: An examination of team reflexivity and team psychological safety. *Journal of Management and Organization*, 22(4), 535.
14. Darroch, J. & McNaughton, R. (2002). Examining the Link between Knowledge Management Practices and Type of Innovation. *Journal of Intellectual Capital*, 3,210-222.
15. Desmarchelier, B. & Fang, E. S. (2016). National culture and innovation diffusion. Exploratory insights from agent-based modeling. *Technological Forecasting and Social Change*, 105, 121-128.
16. Engelen, A., Schmidt, S., Strenger, L., & Brettel, M. (2014). Top management's transformational leader behaviours and innovation orientation: A cross-cultural perspective in eight countries. *Journal of International Management*, 20(2), 124-136.
17. Erez, M. & Nouri, R. (2010). Creativity: The influence of cultural, social, and work contexts. *Management and Organization Review*, 6(3), 351-370.
18. Fan, Y., Zhang, K.Q., & Yan, L. (2014), "Impact of organizational culture sociability and solidarity on employee silence: the moderation of employee's collectivism", *Chinese Journal of Management*.
19. Gelfand, M.J., Bhawuk, D.P.S., Nishii, L.H. & Bechtold, D.J. (2004) Individualism and collectivism, in *Culture, Leadership and Organizations: The GLOBE Study of 62 Societies*, Sage Publications.
20. Gilson, L., Hyoun S., & Choi, J. (2013). Unpacking the cross-level effects of tenure diversity, explicit knowledge, and knowledge sharing on individual creativity. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*,86.
21. Griffith, D. A. & Rubera, G. (2014). A cross-cultural investigation of new product strategies for technological and design innovations. *Journal of International Marketing*, 22(1), 5-20.
22. Hair, J. F. (2009). *Multivariate data analysis. A Global Perspective*. 7<sup>th</sup> (Ed.), Upper Saddle River: Prentice Hall.
23. Hassan, M., Shaukat, S., Shakeel, M., & Imran, M. (2012). Interrelations between organizational culture, Innovation and employee performance: Evidence from banking sector of Pakistan. *Pakistan Journal of Social Sciences*, 32(2), 339-355.

24. Haq, A.M. & Anwar, S. (2016). A systematic review of knowledge management and knowledge sharing: Trends, issues, and challenges. *Cogent Business & Management*, 3(1), 1127744.
25. He, H., Peng, J., & Yuan, Y. (2009). Research among relationship between perceived organizational support, the ways of knowledge sharing behaviour and sharing effectiveness. *Science of Science and Management of S. & T*, 11.
26. Hofstede, G. & Bond, M.H. (1984). "Hofstede's culture dimensions: an independent validation using Rokeach's value survey", *Journal of Cross-Cultural Psychology*.
27. Hofstede, G. (1991). *Cultures and Organizations: Software of the Mind*. McGraw-Hill: London.
28. Hong, J., Hou, B., Zhu, K., & Marinova, D. (2018). Exploratory innovation, exploitative innovation and employee creativity. *Chinese Management Studies*.
29. House, R.J., Hanges, P.J., Javidan, M., Dorfman, P.W., & Gupta, V. (2004). *Culture, Leadership, and Organizations: The GLOBE Study of 62 Societies*, Sage.
30. Jiang, X., Flores, H.R., & Leelawong, R. (2016). "The effect of team empowerment on team performance: a cross-cultural perspective on the mediating roles of knowledge sharing and intra-group conflict", *International Journal of Conflict Management*.
31. Kaasa, A. & Vadi, M. (2010). How does culture contribute to innovation? Evidence from European countries. *Economics of innovation and new technology*, 19(7), 583-604.
32. Kasharia, Z. & Taheri, F. (2019). The Role of Knowledge Sharing in Organizational Performance. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 62(1), 30-38
33. Khan, W. A., Hassan, R. A., Arshad, M. Z., Arshad, M. A., Kashif, U., Aslam, F., & Wafa, S. A. (2020). The effect of entrepreneurial orientation and organisational culture on firm performance: The mediating role of innovation. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 13(3), 652-677.
34. Khan, W. A., Wafa, S. A., Hassan, R. A., & Kashif, U. (2020). The Mediating Effect of Innovation on The Relationship Between Organizational Culture and Performance of Large Manufacturing Firms in Pakistan. *Malaysian Journal of Business and Economics*, 229.
35. Killingsworth, B., Xue, Y., & Liu, Y. (2016). Factors influencing knowledge sharing among global virtual teams. *Team Performance Management*.
36. Kim, S. S. (2019). The effect of social contexts and formation of individualism–collectivism orientation on knowledge sharing

- intention: the case of workers in *Korea. Journal of Knowledge Management*.
37. Kremer, H. & Villamor, I. (2018). Innovation leadership: Best-practice recommendations for promoting employee creativity, voice, and knowledge sharing. *Business Horizons*,62.
  38. Li, Z.B. & Chen, H. (2015). “The impact of Supervisor-Subordinate Guanxi on employees’ knowledge sharing behavior: the role of organizational identification and collectivism orientation”, *Journal of Industrial Engineering and Management (China)*.
  39. Liu, L.L., Du, R., & Ai, S.Z. (2016). Impact of culture on the relationship between knowledge sharing and innovative behaviour in IT services industry. *Chinese Journal of Management Science*, Vol. 24 No. 4, pp. 159-166.
  40. Markus, H. & Kitayama, S. (1991). Culture and the self: Implications for cognition, emotion, and motivation. *Psychological Review*, 98, 224–253.
  41. Mesmer, M., Jessica & Dechurch, L. (2009). Information Sharing and Team Performance: A Meta-Analysis. *The Journal of applied psychology*, 94. 535-46.
  42. Nadason, S., Ram Al Jaffri, S., & Ahmi, A. (2017). Knowledge Sharing and Barriers in Organizations: A Conceptual Paper on Knowledge-Management Strategy. *Indian-Pacific Journal of Accounting and Finance*.
  43. Ndubisi, N. O. & Iftikhar, K. (2012). Relationship between entrepreneurship, innovation and performance. *Journal of Research in Marketing and entrepreneurship*.
  44. Nguyen, T. M. (2020). Four-dimensional model: a literature review in online organisational knowledge sharing. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*.
  45. Obeidat, B. Y., Al-Suradi, M. M., & Tarhini, A. (2016). The impact of knowledge management on innovation: An empirical study on Jordanian consultancy firms. *Management Research Review*
  46. Park, S. & Kim, E. J. (2018). Fostering organizational learning through leadership and knowledge sharing. *Journal of Knowledge Management*.
  47. Paulin, Dan & Suneson, Kaj (2012). Knowledge Transfer, Knowledge Sharing and Knowledge Barriers – Three Blurry Terms in KM. *Electronic Journal of Knowledge Management*, 10. 82-92.
  48. Pian, Q. Y., Jin, H., & Li, H. (2019). Linking knowledge sharing to innovative behaviour: the moderating role of collectivism. *Journal of Knowledge Management*.



49. Realo, A., Koido, K., Ceulemans, E., & Allik, J. (2002). *Three components of individualism. European Journal of Personality*, 16(3), 163–184.
50. Salman, R., Arshad, D., & Abu Bakar, L. J. (2016). Factors contributing to SMEs innovative culture in Punjab, Pakistan: a pilot study. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 6(8), 54-64.
51. San Ong, T., Magsi, H. B., & Burgess, T. F. (2019). Organisational culture, environmental management control systems, environmental performance of Pakistani manufacturing industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
52. Shahzad, F., Xiu, G., & Shahbaz, M. (2017). Organizational culture and innovation performance in Pakistan's software industry. *Technology in Society*, 51, 66-73.
53. Teixeira, E. K., Oliveira, M., & Curado, C. (2019). Linking knowledge management processes to innovation. *Management Research Review*.
54. Tian, M., Deng, P., Zhang, Y., & Salmador, M. P. (2018). How does culture influence innovation? A systematic literature review. *Management Decision*.
55. Triandis, H. C. (1995). Individualism and Collectivism: New Directions in Social Psychology. *Boulder, CO*.
56. Triandis, H.C. (1996). "The psychological measurement of cultural syndromes", *American Psychologist*.
57. Triandis, H.C. & Gelfand, M.J. (2012). A theory of individualism and collectivism, in *Handbook of Theories of Social Psychology*, Vol., *Sage Publications*
58. Tipu, S. A. & Ryan, J. (2012). Transformational leadership in Pakistan: an examination of the impact of transformational leadership on organizational culture and innovation propensity. *Journal of Management & Organization*, 18(4).
59. Van Hooft, E. A. & De Jong, M. (2009). Predicting job seeking for temporary employment using the theory of planned behaviour: The moderating role of individualism and collectivism. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 82(2), 295-316.
60. Xie, H. F. & Ma, Q. G. (2007). The influence of organizational atmosphere on employee informal knowledge sharing. *Studies in Science of Science*, 25, 306-311.
61. Yang, Z., Zhou, X., & Zhang, P. (2015). Discipline versus passion: Collectivism, centralization, and ambidextrous innovation. *Asia Pacific Journal of Management*, 32(3), 745-769.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Perceptions Paysannes Des Aléas Climatiques Sur La Production Du Riz Sur Le Périmètre Irrigué De Saga Dans La Vallée Du Fleuve Niger**

***Seydou Tahirou,***

Université Aube Nouvelle, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Technologies (UFR/ST), Laboratoire de Recherche et d'Etudes en Management (CREM) Ouagadougou, / Burkina Faso

***Patrice Zerbo,***

Université Joseph KI-ZERBO, Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Laboratoire de Biologie et Écologie Végétales, Ouagadougou, Burkina Faso

***Yacouba Sanou,***

***Samuel Pare,***

Université Joseph KI-ZERBO, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées (UFR/SEA), Laboratoire de Chimie Analytique, Environnementale et Bio-Organique, Ouagadougou / Burkina Faso

***Manan Nassirou Ado,***

Université de Tahoua, (UFR/FSA), Faculté des Sciences Agronomiques, Tahoua/Niger

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p217](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p217)

Submitted: 09 November 2021

Accepted: 19 January 2022

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Tahirou S., Zerbo P., Sanou Y., Pare S., & Nassirou Ado M.,(2021). *Perceptions Paysannes Des Aléas Climatiques Sur La Production Du Riz Sur Le Périmètre Irrigué De Saga Dans La Vallée Du Fleuve Niger* European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 217.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p217>

### **Résumé**

L'objectif général poursuivi est d'analyser la perception des aléas climatiques auprès des exploitants en milieu urbain. Pour ce faire, des entretiens semi-structurés et des enquêtes ont été effectués. Au total 140 exploitants disponibles ont été enquêtés. Un critère d'âge de sélection des exploitants variant de 15 à 50 ans a permis de s'assurer que les stratégies développées font suite à une perception effective des changements. L'analyse



des données a été faite par le logiciel Access et Excel pour le calcul des paramètres statistiques descriptifs et la réalisation de graphiques. Ces derniers observent l'existence des paramètres climatiques qui interviennent dans leur pratique à 90%. Les résultats de la recherche révèlent que 66 % des exploitants ont un niveau d'instruction assez bas. Face aux aléas climatiques les exploitants mettent en œuvre des stratégies durables d'adaptations qui participent à l'amélioration des rendements. 80 % des exploitants font recourt aux variétés locales et adoptent des stratégies diverses à la pratique d'irrigation et Le drainage et le curage des cours d'eau (30%) ; adoption des variétés résistantes au stress thermique et de variétés de cycle court (65%), décalage des dates de semis et irrigation (15%). Les principaux déterminants de l'adoption des stratégies adaptatives sont variables de perception. De ce fait, la nature et l'efficacité des stratégies utilisées mettent en évidence le caractère vulnérable des exploitants par des contraintes matérielles, financières et techniques et l'accès à l'information. Ainsi, malgré les stratégies mises en place, les exploitants sont soumis d'une part à une vulnérabilité tant sociale qu'aux vulnérabilités de production.

---

**Mots clés:** Changement climatique, Perception, Adaptation, vulnérabilité, riziculture urbaine

## **Farmers' Perceptions Of Climatic Hazards On Rice Production In The Irrigated Area Of Saga In The Niger River Valley**

*Seydou Tahirou,*

Université Aube Nouvelle, Unité de Formation et de Recherche en  
Sciences et Technologies (UFR/ST), Laboratoire de Recherche et d'Etudes  
en Management (CREM) Ouagadougou, / Burkina Faso

*Patrice Zerbo,*

Université Joseph KI-ZERBO, Unité de Formation et de Recherche  
en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Laboratoire de Biologie et  
Écologie Végétales, Ouagadougou, Burkina Faso

*Yacouba Sanou,*

*Samuel Pare,*

Université Joseph KI-ZERBO, Unité de Formation et de Recherche en  
Sciences Exactes et Appliquées (UFR/SEA), Laboratoire de Chimie  
Analytique, Environnementale et Bio-Organique, Ouagadougou / Burkina  
Faso

*Manan Nassirou Ado,*

Université de Tahoua, (UFR/FSA), Faculté des Sciences Agronomiques, BP  
255 Tahoua/Niger

---

### **Abstract**

The general objective is to analyze the perception of climatic hazards among farmers in urban areas. To do this, semi-structured interviews and surveys were conducted. A total of 140 available farmers were surveyed. An age criterion for the selection of farmers ranging from 15 to 50 years old was used to ensure that the strategies developed were based on an effective perception of changes. The data was analyzed using Access and Excel software to calculate descriptive statistical parameters and to produce graphs. The graphs show the existence of climatic parameters that are involved in 90% of their practices. The results of the research reveal that 66% of the farmers have a fairly low level of education. Faced with climatic hazards, farmers implement sustainable adaptation strategies that help improve yields. 80% of farmers use local varieties and adopt various strategies for irrigation and drainage (30%); adoption of heat stress resistant varieties and short cycle varieties (65%); and shifting of sowing dates and irrigation (15%). The main determinants of the adoption of adaptive strategies vary in perception. As a result, the nature and effectiveness of the strategies used highlight the

vulnerability of farmers due to material, financial and technical constraints and access to information. Thus, despite the strategies implemented, farmers are subject to both social and production vulnerabilities.

---

**Keywords:** Climate change, Perception, Adaptation, Vulnerability, Urban rice production

## 1. Introduction

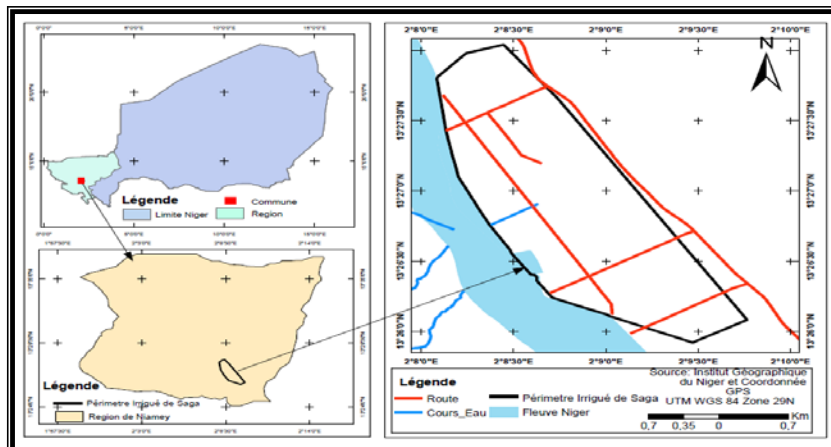
Le changement climatique apparaît de nos jours comme la menace la plus préoccupante à la réalisation des aspirations de réduction de la pauvreté des pays africains et constitue de ce fait un frein à l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD). Il affecte la pluviométrie, la disponibilité de l'eau, le niveau des mers, l'augmentation des sécheresses et la fréquence des feux de brousse. De plus en plus, son impact sur la santé humaine, la productivité agricole et la biodiversité est très visible particulièrement en Afrique. En effet, l'imprévisibilité de la croissance de ce changement climatique constitue une menace pour le secteur agricole et un frein pour l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire (Ali et Erenstein, 2017). Les effets potentiels du changement climatique sur la productivité agricole suscitent de nombreuses préoccupations (Gomgnimbou *et al.*, 2020), De ce fait, la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest particulièrement les pays sahéliens à saisons alternées, sont très vulnérables aux changements climatiques (Bonkougou *et al.*, 2019), ce qui fragilise les systèmes agricoles qui ne répondent plus aux pressions actuelles du climat (Yegbemey *et al.* 2014). Ce changement est perçu par des agriculteurs à travers divers événements susceptibles de produire des effets négatifs sur les exploitations (Harvey *et al.*, 2014 ; Kasongo et Mosombo, 2017). Cette menace des aléas climatiques suscite chez les producteurs une incertitude et une perte des repères saisonniers (Pierre *et al.* 2012 ; Donkora, 2019). Plusieurs études ont été réalisées sur l'impact du changement climatique, notamment sur la perception des communautés locales et sur les options d'adaptation utilisées (Saboury, 2018). Les riziculteurs perçoivent les effets du changement climatique et développent plusieurs stratégies d'adaptation (Abdou *et al.*, 2014) de manière endogène pour réduire les effets néfastes de ces variabilités climatiques sur la production. Les travaux recensés sur les stratégies d'adaptation indiquent que l'utilisation des semences résistantes à la sécheresse associée à l'agroforesterie, le décalage des dates de semis et l'irrigation (Sarr *et al.*, 2015), la gestion efficiente de l'eau et des fertilisants ainsi que la diversification des cultures sont parmi les options d'adaptation

privilégiées (Bele *et al.*, 2014 ; Makate *et al.*, 2016). Cependant, la mise en place de ces stratégies varie d'un système de production à l'autre, des opportunités, des facteurs socio-économiques ainsi que de la perception des agriculteurs du changement climatique (Abid *et al.*, 2015 ; Asayehegn *et al.*, 2017). Ainsi, la présente recherche, tente de savoir de quelles manières ces exploitants parviennent-elles à faire face aux défis du changement climatique ? L'objectif de cette recherche est d'analyser la perception paysanne des aléas climatiques sur la riziculture dans la vallée du fleuve Niger.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Présentation de la zone de de recherche

La présente recherche s'est réalisée sur le périmètre irrigué de Saga situé entre (13°27'39,9''N, 002°08'44,1''E) dans la Commune IV de la ville de Niamey au Niger (Figure 1). Le site est sous l'influence d'un climat sahélo-soudanien qui se traduit par l'alternance de deux saisons distinctes : une saison sèche qui s'étend du mois d'octobre à mai et, une saison pluvieuse qui s'étend de juin à septembre avec une température moyenne de 28 à 42° C (Ozer, 2017). Les sols sont riches en sédiments d'origine alluviale avec une texture argileuse. D'après les résultats des travaux de recherche de Issiaka *et al.* (2018), le couvert végétal est essentiellement constitué d'espèces locales telles que : *Acacia nilotica*, *Bauhinia refescens*, *Pourparcia birrea*, *Delonix regia*, *Adansonia digitata* (baobab), *Khaya senegalensis* (caïcédrat), *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Ceiba pentandra*, *Prosopis africana*, *Ziziphus mauritania*, *Cassia sieberiane*, *Ficus*, *Hyphaene thebaica* (douw) et *Parkia biglobosa* (Néré). Les espèces exotiques, plantées, sont essentiellement le neem (*Azadirachta indica*), l'eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*), le mélina (*Gmelina arborea*), *Terminalia mentaly*, *Prosopis juliflora*, *Cassia siamea*, *Acacia holocericca*. Le réseau hydrographique est constitué par un seul cours d'eau permanent le fleuve Niger (Bahari *et al.*, 2018)..



**Figure 1 :** Cartographie du périmètre irrigué de saga  
**Source :** Institut Géographique du Niger (2021)

La figure 1 ci-dessus illustre l'aménagement hydro-agricole de Saga et sa répartition en Groupement Mutualiste de Production(GMP). Le périmètre irrigué est aménagé depuis 1987 pour la riziculture intensive sur une superficie nominale de 431 ha dont 381 ha dominées par le réseau d'irrigation et 49 ha pour le maraichage. La culture du riz est pratiquée selon un calendrier cultural de deux campagnes par an : une première campagne saison sèche (SS) qui va de Novembre à Mai et une campagne de saison d'hivernage (SH) qui va de Juin jusqu'en décembre.

## 2.2. Méthodes

### 2.2.1. Echantillonnage

Les unités d'observation sont les producteurs du riz. Dans chaque Groupement Mutualiste de Production (GMP) au nombre (7) sélectionnés, 20 exploitants ont été constitués de manière aléatoire à choix raisonné. Ainsi, au total 140 exploitants disponible ont été enquêtés (Tableau 1). Un critère d'âge de sélection des exploitants variant de 15 à 50 ans a permis de s'assurer que les stratégies développées font suite à une perception effective des changements. Les données ont été collectées par des enquêtes à travers des entretiens semi structurés. Elles sont qualitatives et quantitatives. Elles ont été collectées durant la campagne agricole 2020-2021. Les travaux de Kasongo et Mosombo (2017) et Kabore et al. (2019) nous ont orientés du point de vue méthodologique pour la structuration du questionnaire. Ces données sont relatives(i) aux caractéristiques sociodémographiques des exploitants, (ii) les paramètres d'appréciation du changement climatique, (iii) perceptions sur les variétés cultivées et la double riziculture, (iv) les stratégies d'adaptations

adoptées. Le dialogue est fait en langue locale (Zarma et Haoussa) dans le cas où certains producteurs ne comprennent pas la langue française ce qui a permis de recueillir les informations communiquées.,

### **2.2.3. Analyses des données**

Deux (2) types d'analyse ont été effectués. Il s'agit de l'analyse quantitative et l'analyse qualitative. L'analyse quantitative a permis le regroupement des données issues des questionnaires à l'aide de l'outil informatique tels qu'Access 2013 pour la saisie des données collectées afin de constituer une base de données, puis Excel 2013 pour agréger le calcul des paramètres statistiques descriptifs.

Quant à l'analyse qualitative, elle renvoie l'analyses des données relatives à la perception du climat sur la base d'une analyse en composantes multiples :

- Une perception du climat est qualifiée de « bonne », si les réponses de l'enquêté sur le climat recoupaient les observations réalisées au cours des dix dernières années (Kosmowski *et al.*, 2015). Si la description du climat était juste pour au moins sept des huit critères suivants (Augmentation des pluies ; saison des pluies ; démarrage tardif des pluies ; fin des pluies tardive ; variation forte des pluies d'une année sur l'autre ; augmentation de la température maximale ; augmentation de la température minimale), il est considéré que l'exploitant a une bonne perception du climat (Yegbemey *et al.*, 2014).
- Les stratégies locales d'adaptation ont été identifiées par le choix variétal de riz et les stratégies endogènes de gestion des aléas climatiques ;
- La détermination des facteurs de vulnérabilité basée sur la vulnérabilité des exploitants est liée d'une part aux activités de production et d'autre part aux ressources en capital humain, financier, social et physique qui déterminent les capacités de réaction des personnes face aux différents chocs (Bonkougou *et al.*, 2019).
- Les deux critères d'efficacité et limites des stratégies d'adaptations retenus renvoient ainsi à la fois à des questions de viabilité et diversification
  - Si les stratégies peuvent engendrent des effets immédiats et à court terme, elle est considérée faible
  - Si les stratégies peuvent engendrent des effets à long terme, elle est considéré efficace

## **3. Résultats**

### **3.1. Caractéristiques sociodémographiques des exploitants du site de recherche**

Les caractéristiques liées aux exploitants (Tableau 1) sont essentiellement de quatre (4) ordres : l'âge, le sexe, le niveau d'instruction et l'expérience acquise des riziculteurs.

**Tableau 1** : Répartition des riziculteurs selon leurs caractéristiques sociodémographiques

Caractéristique des riziculteurs	Effectifs	Pourcentage (%)
<b>Age (ans)</b>		
[15-30[	36	26
[30-40[	61	44
[40-50[	43	30
<b>Sexe</b>		
Hommes	96	69
Femmes	44	31
<b>Niveau d'instruction</b>		
Non alphabétisés	92	66
Alphabétisé	Primaire	18
	Secondaire	9
	Supérieur	7
<b>Expérience acquise</b>		
≥10	66	47
≤10	74	53

L'analyse des données du tableau 1 montre que les exploitants sont composés essentiellement des hommes qui représentent 96 % et 44 % des femmes de l'effectif de l'échantillon. L'âge des enquêtés varie de 15 à 50 ans, avec la moyenne d'âge se situant autour de 30 ans. Sur l'ensemble des enquêtés, les exploitants âgés moins de 30 ans représentent 26 %, ceux âgés de 30 à 40 ans 44 % et ceux de plus de 40 ans représentent 30 %. Les exploitants dans leur ensemble sont non alphabétisés à 66 % et ceux ayant été à l'école présentent 34 %, dont 18 % ont suivi l'école primaire, 9 % ont atteint le cycle secondaire et 7 % le cycle supérieur Concernant leur niveau de l'expérience acquise, 74 % des exploitants totalisent 10 à 20 ans dans la pratique rizicole.

### 3.2. Perception du changement climatique selon les exploitants

Les résultats révèlent que 90 % des exploitants confirment l'existence de paramètres climatiques observables au niveau de la pluviométrie, de la température, du vent et des inondations. Le tableau2 consigne l'état de la perception climatique par les exploitants.

**Tableau 2** Evolution des facteurs climatiques selon les enquêtés.

Facteurs	Augmenter	Stable	Taux (%)
Pluviométrie	+++		90 %
Température	+++		
Vent		++	60 %

<b>Inondations</b>	++	80 %
--------------------	----	------

**Source** : Résultats de l'enquête, 2021  
+++ : Augmente ; ++ : Stable

La lecture du tableau 2 montre que le changement climatique est perçu de diverses manières par les exploitants. Un fort taux des enquêtés (80 %) estiment que ces principaux aléas climatiques à un effet négatif sur la riziculture irriguée d'une manière ou d'une autre et perturbent l'équilibre général des rendements rizicoles.

### 3.3. Stratégies locales d'adaptations

Face à la dégradation continue de leurs conditions de vie dans le contexte actuel de variabilité climatique, les exploitants ont développé diverses stratégies d'adaptation notamment le choix variétal et celui des systèmes de cultures.

#### 3.3.1. Variétés du riz utilisées par les exploitants

Les résultats des enquêtes ont révélé que les exploitants font recours à cinq variétés de riz dont deux homologuées (Gambiaca ; IR15-29) et trois locales (Waihidjo ; N°1 ; N°2). Cependant, 80 % (Tableau 3) des exploitants utilisent les variétés locales dans les stratégies d'adaptation. Le tableau 3 présente les différents pourcentages des assertions d'enquêtés.

**Tableau 3** Taux d'utilisation des 5 variétés utilisées par les exploitants

Variétés	Cycle	Taux (%)
<b>Gambiaca</b>	6 Mois	20 %
<b>IR15-29</b>	6 Mois	
<b>Waihidjo</b>	5 à 6 Mois	80%
<b>N°1</b>	5 à 6 Mois	
<b>N°2</b>	5 à 6 Mois	

**Source** : Résultats de l'enquête, 2021

Le tableau 3 montre que les producteurs enquêtés affirment une prédominance de 80 % de la variété locale d'une part d'autre part 20 % des personnes enquêtées attestent que l'adoption des variétés homologuées explique la résilience des cultivateurs exposés au changement climatique. Le tableau 4 indique les facteurs de choix qui contribuent à leur résilience aux changements climatiques.

**Tableau 4** : Efficacité technique d'adoption des variétés

Variétés	Caractéristiques	Horizon temporel
<b>Gambiaca</b>		



<b>IR15-29</b>	Produit beaucoup et résiste au caprice du climat, taille bien, très bon goût, résiste bien au stress hydrique	Adaptation anticipative à moyen/ long terme
<b>Waihidjo</b>	Présente les mêmes caractéristiques, résiste au stress hydrique, mais elle présente une variation de production en fonction des saisons.	Adaptation anticipative à court terme
<b>N°1</b>		
<b>N°2</b>		

**Source :** Résultats de l'enquête, 2021

La lecture du tableau 4 montre que les variétés ne sont pas choisies en fonction de la durée de leur cycle, mais beaucoup plus à cause de leur résistance et leur rendement en cas de perturbation des campagnes.

### 3.3.2. Déterminants des limites stratégiques d'adaptation

En réponse aux variabilités climatiques dans la zone d'étude, les exploitants ont développé diverses stratégies classées selon leur appréciation (Tableau 5). Les principaux déterminants de l'adoption des stratégies adaptatives sont variables de perception.

**Tableau 5.** Limites d'adaptation aux stratégies adoptées

<b>Stratégies adaptatives</b>	<b>Degré de prévoyance</b>	<b>Limite d'adaptation</b>	<b>Taux(%)</b>
<b>Variétés résistantes au stress thermique</b>	Adaptation spontanée ou autonome	Accès à l'information et technique	65%
<b>Utilisation de variétés de cycle court</b>			
<b>l'irrigation de complément</b>	Adaptation planifiée	Matérielle et techniques	30%
<b>Le drainage et le curage des cours d'eau</b>			
<b>Décalage des dates de semis et irrigation</b>	Adaptation anticipative	Techniques et financières	15%

**Source :** Résultats de l'enquête, 2021

Il ressort de l'analyse des données du tableau 5 que l'adaptation est limitée par un accès à l'information et technique (65%) ; Matérielle et techniques (30%) ; Techniques et financières (15%). Tous ces facteurs peuvent expliquer la faiblesse des exploitants. De ce fait, les financements de l'activité de production du riz constituent la principale limite d'origine des mesures stratégiques.

### 3.4. Facteurs de vulnérabilité

Le tableau 6 montre que la vulnérabilité des exploitants est multiple et variée

**Tableau 6 :** Opinions des riziculteurs quant à leur vulnérabilité

<b>Vulnérabilité</b>	<b>Facteurs</b>	<b>Taux (%)</b>
	- retard de semis des cultures	
	- l'excès de précipitations ou des pluies en campagne pendant la saison hivernage qui	

<b>Production</b>	provoque la prolifération (Parasites des plantes, les ravageurs et l'érosion du sol) -Variation de la température au cours de la période de germination de la semence, de sa croissance jusqu'à sa récolte (Perte de rendement)	10 %
<b>Financière</b>	- difficultés d'accéder aux crédits pour --l'achat des divers intrants agricoles (les engrais, les produits phytosanitaires, etc.) -variation des taux d'intérêt/de la valeur des actifs financiers/accès au crédit -l'indisponibilité de la main d'oeuvre	20 %
<b>Sociale</b>	-rupture de la relation entre les exploitants -les problèmes de santé, -la perte de main-d'oeuvre	70 %

**Source :** Résultats de l'enquête, 2021

Il ressort du tableau 6 que la production ne constitue pas un facteur majeur de leur vulnérabilité. Son indice de vulnérabilité moyen est de 10 %. Par contre, le facteur social présente une grande vulnérabilité avec une moyenne de 70 %. Ainsi, le comportement social est un facteur de vulnérabilité très inquiétant pour l'avenir.

## 1. Discussion

Les résultats obtenus de cette recherche montrent que les exploitants perçoivent clairement les changements qui interviennent dans leur pratique ainsi que les facteurs qui en sont à l'origine. Cette perception varie selon le niveau d'instruction. L'expérience pratique acquise par ces exploitants sur le terrain est importante, elle n'est cependant complétée par des bonnes pratiques agricoles à travers des associations ou groupements d'intérêt économique, par l'intervention des structures d'encadrement. En effet, le niveau d'instruction des exploitants reste faible à 66 % avec une année d'expérience importante de 10 à 20 ans dans la pratique de la riziculture. Cette corrélation s'explique par le niveau de qualification dans les tâches culturelles des acteurs du secteur et aussi une meilleure allocation de la main-d'oeuvre. Cette corrélation positive et significative est également obtenue par Kouakou (2017) qui montre que les agriculteurs urbains sont plus souvent spécialisés et bénéficient d'une longue année d'expérience qui permet d'acquérir des aptitudes techniques appropriées pour les rendre beaucoup plus utiles. Les résultats de cette recherche révèlent que 90 % des exploitants confirment une augmentation de la température moyenne qui accroît le rendement agricole et d'autre part une conséquence sur les variétés cultivées et une baisse notable du rendement en saison sèche. Ces mêmes observations ont été rapportées par Mallo (2019),

pour qui la température constitue le facteur climatique le plus important en ce sens qu'elle est très difficile à modifier. D'après ce dernier, la température optimale pour le développement du riz se situe entre 30 et 35°C. Par ailleurs, 90 % des exploitants interrogés constatent une augmentation de la pluviométrie avec la variation du niveau du fleuve provoquant la disparition de plusieurs parcelles d'exploitation suite aux inondations qui interviennent généralement en milieu de Campagne Saison Humide. Ces résultats corroborent avec ceux trouvés par Ouédraogo (2012) au Burkina Faso et Garba Hima (2015), toute augmentation des précipitations pourrait être appréhendée comme un excès d'eau pour cette culture et donc aura un effet négatif sur son rendement. Ces résultats montrent que le changement climatique a un effet négatif sur la riziculture irriguée d'une manière ou d'une autre.

Conscients de la réalité du changement climatique, les stratégies développées par les sont pour la plupart anticipatives ou réactives. On distingue l'utilisation des variétés locales, l'utilisation des variétés résistantes, l'irrigation de complément le ressemis et l'utilisation des variétés de cycle court. Ce choix se justifie selon 90 % des riziculteurs comme une alternative et même un palliatif pour sauver la campagne en cas d'urgence. Ces exploitants âgés pratiquent plus des variétés de cycle court sujettes à plus d'impact négatif. En abandonnant la culture du riz, ces exploitants n'ont d'autres alternatives que de vivre à partir des transferts d'argent réalisés par la famille en ville en complément de la pratique de culture moins risquée. Ces résultats sont conformes à ceux identifiés par Naswem *et al.* (2016) et Arimi, (2014), concernant l'utilisation des variétés améliorées ; la culture de variétés résistantes à la sécheresse (Onyegbula et Oladeji, 2017 ; Idoma, *et al.*, 2017), la culture de variétés résistantes à l'inondation (Onyegbula et Oladeji, 2017). Onyegbula et Oladeji (2017) ont souligné le rôle important de l'utilisation des variétés résistantes aux parasites et aux maladies comme une stratégie d'adaptation des riziculteurs au changement climatique. Comme rapporté par Gomgnimbou *et al.*, (2020), ces mêmes stratégies ont été développées par les riziculteurs de la Côte d'Ivoire dans le contexte de changement climatique. Dans le même ordre d'idées, les mêmes constats ont été rapportés par Mossi *et al.*, (2017) sur les périmètres de Tiaguiréré amont, Tiaguiréré aval, Say 1, Say extension, Lata et Daïbéri au Niger où une majorité de producteurs ont opté pour la variété Alewa qui n'est pas homologuée. Plusieurs raisons expliquent le choix porté sur les variétés locales selon les riziculteurs à savoir l'avantage lié à la digestibilité, l'utilité pour le traitement de certaines maladies ou au bien-être qu'elles procurent. En effet, il a été rapporté par Gnacadja *et al.*, (2017) que les consommateurs ont plus tendance à avoir une préférence

pour le riz produit localement et de qualité, comparés au riz importé. Les résultats de plusieurs auteurs, notamment ceux de Agwata *et al.*, (2014) ; Tiwari *et al.*, (2014) ; et Obayelu *et al.*, (2014), confirment à ce sujet que l'adoption des techniques d'adaptation et d'atténuation au risque climatique permet d'améliorer les moyens de subsistance et de réduire la vulnérabilité. Cependant, malgré les stratégies mises en œuvre les exploitants enquêtés reconnaissent que ces stratégies comportent certaines contraintes et limites en même temps qu'elles manquent d'efficacité sont eux-mêmes une source de vulnérabilité à la profitabilité par le comportement social qui est un aspect très inquiétant (l'indiscipline dans le respect des règles, querelles, vole). Comme rapporté par Kabore *et al.*, (2019), la variable sexe influence négativement la pratique de l'irrigation (au seuil de 5 %) dans la mesure où les hommes sont plus impliqués que les femmes dans cette activité et ont plus accès à la terre. De même pour Barry, (2016) ; Opiyo *et al.*, (2016), les caractéristiques socio-économiques des ménages influencent l'adaptation par leur environnement physique et institutionnel. Les contraintes sociales présentent de nombreuses répercussions vis-à-vis des exploitants et leur degré d'impact dépend notamment les dommages et pertes de la production en l'absence d'une gestion préétablie. De plus, la faible maîtrise de l'itinéraire technique de production sont aussi visibles associée au manque de moyens financier et technique constitue de ce fait les maillons faibles de la production du riz pour accroître les rendements.

## V. Conclusion

L'adoption d'une stratégie d'adaptation par un exploitant dépend de sa perception du changement climatique et de ses causes, ses impacts négatifs sur l'environnement et des moyens disponibles pour apporter des solutions. Cette étude s'est basée sur la perception paysanne des aléas climatiques sur la production du riz dans la vallée du fleuve Niger. Les résultats de la recherche montrent que les exploitants perçoivent clairement les changements qui interviennent dans leur pratique dont la majeure partie des exploitants, le nombre d'actifs ont un niveau d'instruction assez bas, ce qui influence négativement la perception des riziculteurs dans les pratiques collectives. Face à ce nouveau défi, les riziculteurs ont ainsi développé des mesures d'adaptation qui vont de l'adoption des variétés locales à la pratique d'irrigation de complément, l'adaptation des variétés résistantes au stress thermique, le ressemis et l'utilisation des variétés de cycle court. Ces stratégies ne sont qu'une réaction limitée de la part des exploitants face aux effets de la variabilité climatique et manque d'efficacité. La nature et l'efficacité des

stratégies utilisées mettent en évidence le caractère vulnérable des exploitants. Ainsi, l'analyse des mesures d'adaptation adoptées par les exploitants montre qu'elles sont globalement pertinentes même si ces stratégies sont peu efficaces, elles témoignent néanmoins de la capacité d'adaptation des exploitants malgré leurs limites. En somme, le recours à ces mesures montre que la notion des changements et de variabilité climatiques n'est pas inconnue. Ces derniers sont conscients des risques que représente la variabilité climatique sur leur production et pour leur survie

### **Remerciements**

Au terme de la présente recherche, nos remerciements vont à l'endroit de tous ceux qui ont contribué pour l'atteinte de ses objectifs. Les auteurs remercient particulièrement le Directeur du périmètre de Saga et les différents Chefs des Groupements Mutualistes de Production (GMP) à travers leur détermination et leur sens de responsabilité, ont fait preuve de collaboration.

### **References:**

1. Abdou, R., Malice, M., Bakasso, Y., Saadou, M., et Baudoin, J.P., (2014). Taxonomie locale et analyse des critères des paysans pour caractériser les différents écotypes d'oignons (*Allium cepa* L.) du Niger. *Cah Agric* 23: 166-76. Doi: 10.1684/agr.2014.0700
2. Ali, A., et Erenstein, O. (2017). Climate Risk Management assessing farmer use of climate change adaptation practices and impacts on food security and Poverty in Pakistan. *Climate Risk Management*, 16: 183-194.
3. Abid, M., Scheffran, J., Schneider, U. A., et Ashfaq, M.(2015)Farmers' perceptions of and adaptation strategies to climate change and their determinants : the case of Punjab province, *Pakistan*, *Earth Syst. Dynam.*, 6 : 225-243.DOI : <https://doi.org/10.5194/esd-6-225-2015>
4. Agwata, J., Balew, S., et Anyango, S. (2014). Determinants of adoption choices of climate change adaptation strategies in crop production by small scale farmers in some regions of central Ethiopia. *Journal of Natural Science Research*, 4 (4): 78-93.
5. Arimi, K. (2014). Determinants of climate change adaptation strategies used by rice farmers in South western, Nigeria. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 115(2): 91–99.

6. Asayehegn, K., Temple, L., Sanchez, B., et Iglesias, A.(2017). Perception of climate change and farm level adaptation choices in central Kenya, *Cahiers Agricultures*, 26 : 25003. DOI : [10.1051/cagri/2017007](https://doi.org/10.1051/cagri/2017007)
7. Bahari, I.M., Ibrahim, B.M., et Oumarou, F.M. (2018). Évolution des caractéristiques pluviométriques et recrudescence des inondations dans les localités riveraines du fleuve Niger, *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Regards/mis en ligne le 25 mai 2015, consulté le 03 décembre 2021 .URL : <http://journal.openedition.org/vertigo/19891> ; DOI : <http://doi.org/10.4000/vertigo.19891>
8. Barry, S. (2016). Déterminants socioéconomiques et institutionnels de l'adoption des variétés améliorées de maïs dans la région du Centre-sud du Burkina Faso, *Revue d'Economie Théorique et Appliquée*, 6(2) : 221-238.
9. Bele, M., Sonwa,D., et Tiani, A., (2014).Local Communities Vulnerability to Climate Change and Adaptation Strategies in Bukavu in DR Congo, *Journal of Environment & Development*, (23)3:331-357.DOI : [10.1177/1070496514536395](https://doi.org/10.1177/1070496514536395)
10. Bonkougou, J., Compaoré, J., et Traore, F. (2019). Analyse de vulnérabilités des systèmes agraires de la région de la Boucle du Mouhoun au Burkina Faso, *European Scientific Journal*, 15 (2) :104-120. [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n2p104](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n2p104)
11. Donkora, K. (2019). Évaluation des performances techniques de l'irrigation au Burkina Faso. Thèse de doctorat en sciences agronomiques et ingénierie biologique, Université de Liège - Gembloux Agro - Bio Tech, 166 p.
12. Dossouhoui, V.F. (2019). Développement d'un secteur semencier intégré aux chaînes de valeur du riz local au Bénin. Thèse de doctorat (PhD). Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech (Belgique), 206p.
13. Garba Hima, M.B., et Maman Nafiou, M.M. (2015). Une analyse ricardienne de l'impact de la variabilité de la température et des précipitations sur l'agriculture dans les régions de Dosso et Maradi en République du Niger. *Sciences agronomiques*, 06 :724-733.
14. Gnacadja, C., Azokpota, P., Moreira, J., et Sie, M. (2017). Perceptions des producteurs et consommateurs sur le riz africain (*Oryza glaberrima*), *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 11(6) : 2778-2792.

15. Gomgnimbou, A.P.K., Sanon, A.L., Bandaogo, A.A.L., Batiemo, A.L., et Nacro, H.B. (2020). Perceptions paysannes du changement climatique et stratégies d'adaptation en riziculture pluviale de bas fond dans la région du plateau central du Burkina Faso. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, 22(1) : 23-36.
16. Harvey, C., Rakotobe, Z., Rao, N., Dave, R., Razafimahatratra, R., Rabarijohn, R., Rajaofara, H., et MacKinnon, J.L. (2014). Extreme vulnerability of smallholder farmers to agricultural risks and climate change in Madagascar, *Philosophical transactions of royal society*, 369:2-22. DOI : <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2013.0089>.
17. Idoma, K., Ikpe, E., Ejeh, L., et Mamman, M. (2017). Farmers Adaptation Strategies to the Effect of Climate Variation on Rice Production: Insight from Benue State, Nigeria. *Environment and Ecology Research* 5(4): 289-301, 2017. DOI: 10.13189/eer.2017.050406
18. Issiaka, Y., Hassane Hamani, S., Abdourahamane Illiassou, S., et Awais, A. (2018). Distribution et diversité de la faune aviaire de la ville de Niamey et de sa principale zone humide, le fleuve Niger, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12(6) : 2626-2643.
19. Kabore, PN., Barbier, B., Ouoba, P., Kiema, A., Some, L., et Ouédraogo, A. (2019). « Perceptions du changement climatique, impacts environnementaux et stratégies endogènes d'adaptation par les producteurs du Centre-nord du Burkina Faso », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 19 Numéro 1 | mars 2019, mis en ligne le 05 mars 2019, consulté le 05 juillet 2021. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/24637> ; DOI : 10.4000/vertigo.24637
20. Kasongo, N., et Mosombo, N. (2017). Perception paysanne des impacts de la variabilité climatique autour de la station de l'INERA/Kipopo dans la province du Katanga en République Démocratique Congo, *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 17 numéro 3 | décembre 2017, URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/18873> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.18873>
21. Kouakou, K.P.A. (2017). Analyse de la performance productive de l'agriculture urbaine dans le district d'Abidjan. *European Scientific Journal*, 13(35) : 288-301.
22. Kosmowski, F., Lalou, R., Sultan, B., Ndiaye, O., Muller, B., Galle, S., et Seguis, L. (2015). Observations et perceptions des changements



- climatiques : Analyse comparée dans trois pays d'Afrique de l'Ouest. In Sultan B., Lalou R., Sanni M.A. (Editeurs), Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest, 89-110 pp.
23. Mahamadou, I., (2012). La dynamique accélérée des koris dans la région de Niamey : conséquences sur l'ensablement du fleuve Niger, These de doctorat, Université de Niamey, 311p.
  24. Kasongo, N., et Mosombo, N.(2017). Perception paysanne des impacts de la variabilité climatique autour de la station de l'INERA/Kipopo dans la province du Katanga en République Démocratique Congo, *Vertigo* - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Volume 17 numéro 3 | décembre 2017, URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/18873> ;DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.18873>
  25. Makate, C., Rongchang, W., Makate., et Mango, N., (2016). Crop diversification and livelihoods of smallholder farmers in Zimbabwe: adaptive management for environmental change. Springer Plus 5 : 11-35. DOI : 10.1186/s40064-016-2802-4.
  26. Mballo, R. (2019). Les communautés adventices du riz irrigué dans la vallée du fleuve Sénégal : structure de la flore, amplitude d'habitat et degrés d'infestation des espèces et amélioration de la gestion de l'enherbement, Thèse de doctorat malherbologie, 161 p.
  27. Mossi Maïga, I., Alou Himadou, A., Haougui, A., Souleymane, A., et Ibro, G. (2017). Normes techniques et pratiques locales des producteurs dans les perimetres rizicoles irrigués de Toula et de bonfeba au Niger, African crop science journal, 25(4) : 441 – 456.
  28. Naswem, A.A., Akpehe, G.A, Awuaga, M.N. (2016). Adaptation Strategies to Climate Change among Rice Farmers in Katsina-Ala Local Government Area of Benue State, Nigeria. Journal of Agriculture and Vétérinaire Science, 9(10): 33-37.
  29. Obayelu, O.A., Adepoju, A.O., et Idowu, T. (2014). Factors influencing farmers' choices of adaptation to climate change in Ekiti State, Nigeria. Journal of Agriculture and Environment for International Development, 108 (1): 3-16.
  30. Onyegbula, C.B., et Oladeji, J.O. (2017). Utilization of climate change adaptation strategies among rice farmers in three states of Nigeria. Journal of Agricultural Extension and Rural Development. 9 (10): 223-229.DOI: 10.5897/JAERD2017.0895



31. Opiyo, F., Wasonga, O.V., Nyangito, M.M., Mureithi, S.M., Obando, J., et Munang, R. (2016). Determinants of perceptions of climate change and adaptation among Turkana pastoralists in Northwestern Kenya, *Climate and Development*, 8: 179-189.
32. Ouédraogo, M. (2012). Impact des changements climatiques sur les revenus agricoles au Burkina Faso, *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 106 (1) : 3-21.
33. Ozer, P., Laminou Manzo, O., Tidjani, A.D., Djaby, B., et DE Longueville. (2017). Evolution récente des extrêmes pluviométriques au Niger (1950-2014). *Géo-Eco-Trop.*, (41)3 : 375-384
34. Pierre, V., Vissoh, R.C., Tossou, H.D., Guibert, H., Olivier, C., Codjia, S., Vodouhe, D., et Agbossou, K.E. (2012). Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements climatiques : le cas des communes d'Adjohoun et de Dangbo au Sud-Est Bénin, *Les Cahiers d'Outre-Mer* [En ligne], 260 | Octobre-Décembre 2012, mis en ligne le 01 octobre 2015, consulté le 03 Juillet 2021. URL : <http://journals.openedition.org/com/6700> ; DOI : 10.4000/com.6700
35. Saboury, N.M. (2018) Impact de l'adoption des stratégies d'adaptation au changement climatique sur la sécurité alimentaire et le revenu des ménages pastoraux dans la zone du Ferlo au Sénégal, thèse de doctorat en économie Agricole et Sociologie, Université de Thiès au Sénégal, 184 p.
36. Sarr, B., Atta, S., Ly, M., Salack, S., Ourback, T., Subsol, S., et George., (2015). Adapting to climate variability and change in smallholder farming communities : a case study from Burkina-Faso, chad and Niger, *Journal of agricultural extension and rural development* ,1 : 418-429.
37. Tiwari, K.R., Rayamajhi, S., Pokharel, R.K., et Balla, M.K. (2014), Determinants of the climate change adaptation in rural Farming in Nepal Himalaya. *International journal of multidisciplinary and current Research*, 2 : 234-240.
38. Yegbemey, RN., Yabi, J.A., Aïhounon, G.B., et Paraison, A. (2014). Modélisation simultanée de la perception et de l'adaptation au changement climatique : cas des producteurs de maïs du Nord Benin. *Cahier de l'agriculture* ,23 :177-188.



## **Phytochemical Screening, Antibacterial Activity And Acute Oral Toxicity Of Aqueous And Ethanolic Extracts Of *Harrisonia Abyssinica* (Rutaceae) Leaf: Wild Plant Used In Benin Pharmacopeia**

***Ogoubé Raïmantou Egbèyèmi,***

Laboratory of Applied Ecology, Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey- Calavi, Benin

***Atindéhou Ménonvè Cynthia,***

Unity of Biochemistry and Molecular Biology, Faculty of Sciences and Technology, University of Abomey-Calavi, Benin

***Osséni Razack,***

Laboratory of Human Biology, Faculty of Health Sciences, University of Abomey-Calavi, Benin

***Hounguè Rodrigue,***

Unity of Biochemistry and Molecular Biology, Faculty of Sciences and Technology, University of Abomey-Calavi, Benin

***Lalèye Anatole,***

Laboratory of Human Biology, Faculty of Health Sciences, University of Abomey-Calavi, Benin

***Djégo Julien,***

Laboratory of Applied Ecology, Faculty of Agronomic Sciences, University of Abomey- Calavi, Benin

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p235](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p235)

---

Submitted:06 December 2021

Accepted: 10 January 2022

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Egbèyèmi O.R., Cynthia A.M., Razack O., Rodrigue H., Anatole L.&, Julien D.,(2021). *Phytochemical Screening, Antibacterial Activity And Acute Oral Toxicity Of Aqueous And Ethanolic Extracts Of *Harrisonia Abyssinica* (Rutaceae) Leaf: Wild Plant Used In Benin Pharmacopeia* European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 235.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p235>

---

### **Abstract**

*Harrisonia abyssinica* is a wild plant with multiple therapeutic properties used in traditional medicine in Benin. This study aimed at evaluating the preliminary phytochemical screening of large groups of

secondary metabolites, antibacterial activity and acute oral toxicity of aqueous and ethanolic extracts of *H. abyssinica* leaves. Antibacterial activity evaluation was done by microdilution method on bacterial (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella* sp, *Shigella* sp and *Vibrio cholerae*). Minimum Inhibitory Concentration (MIC) was determined using Iodonitrotetrazolium salt as revelator. Wistar rats were used for acute oral toxicity test in which single dose of 2000 mg/kg body weight of ethanolic and aqueous extract were administered; the control group received distilled water. Phytochemical screening revealed the presence of gallic tannins, alkaloids, reducing sugar, coumarins, quinones, steroids, terpene and saponosides. No toxicity was observed in rats. The LD<sub>50</sub> obtained was greater than 2000 mg / kg bw of rats. No macroscopic and histological abnormalities were seen in kidneys and liver analyzes. Ethanolic extract of *H. abyssinica* showed a better activity than aqueous extract with a MIC of 1.25 mg / mL compared to 5 mg / mL for aqueous extract.

---

**Keywords:** *Wistar* rats, bacterial strains, oral toxicity, *Harrisonia abyssinica*, Minimum Inhibitory Concentration.

## Introduction

For decades, medicinal and aromatic plants have been used to treat human illnesses. Of these diseases, most microbial infections are caused by viruses, fungi, protozoa and bacteria particularly by multidrug resistant bacteria (Ahmed *et al.*, 2014). Indeed, many cases of multidrug resistant bacteria have been reported in Benin (Sina *et al.*, 2011). This bacterial resistance is today a tangible threat of therapeutic failure in modern medicine (Zahar and Lesprit, 2014). Nowadays, the major challenge remains the effective and lasting treatment of these conditions. Currently, modern medicine does honor to simple medicinal plants, because the effectiveness of drugs such as antibiotics decreases, while the multidrug resistance of pathogenic microorganisms, due to the abuse and inappropriate use of antibiotics increases. *Harrisonia abyssinica*, is a medicinal plant identified to treat infectious diseases (Béné *et al.*, 2017) . All organs of the species are used as an herbal drug. The roots are used against swelling of the testes, intestinal worms, diarrhea and stomach problems (Damien *et al.*, 2011). The leaves treated several diseases including fever, malaria, diarrhea, hemorrhoids, urinary and intestinal problems, etc. (Mubo and Osiyemi, 2012; Ogougbe *et al.*, 2019). This work aimed at exploring scientifically the antibacterial

potency of extracts of *Harrisonia abyssinica* commonly evaluated on different multiresistant strains, their phytochemical and their acute toxicity.

## **Material and Methods**

### **Plant material**

*Harrisonia abyssinica* Oliv. ( ) (Simaroubaceae) leaves were collected from the Pahou forest located in the agro-ecological zone (IV) of Benin, in March 2019. After three rinses, the leaves were dried in the laboratory at 22 °C protected from the sun light for 28 days and reduced into powder with grinder.

### **Bacterial strains**

Eight bacteria were used in this study and classified into two groups. Gram positive: bacteria strain (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923) and isolated bacteria (*Enterococcus faecalis*) and Gram negative: bacteria strains (*Escherichia coli* ATCC 25922 and *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853) and isolated bacteria (*Klebsiella sp*, *Salmonella sp* *Shigella sp* and *Vibrio cholera*) responsible for intestinal infectious diseases.

### **Animal material**

Fifteen (15) *Wistar* albino rats were used, including nine females and six males, all between 11 and 12 weeks old and weighing 180 g ± 20 g (male rats) and 225 g ± 20 g (female rats). The rats were kept in a controlled environment at room temperature (37°C) with natural and dark light cycles of 12h / 12h throughout the experiment. They were fed standard rat pellet food (Complete Food, Group Veto Services SA, Benin) and ad libitum drinking water during the experiment.

### **Preparation of the aqueous extract**

Totally, 300 g of the powder plant was used for the preparation of the aqueous extract. This quantity was divided into six different bottles at a rate of 50 g per bottle. To each bottle was added 500 ml of distilled water. The mixture was subjected to permanent agitation and incubated for 12 hours at a temperature of 40 °C. It was entirely filtered through cotton wool and Whatman # 1 filter paper. Each filtrate obtained was concentrated under vacuum using a rotary evaporator BUCHI ROTAVAPOR R II (Switzerland) at a temperature of 40 °C until the pasty extract was obtained. The pasty extract was then placed in an oven at 50 °C to obtain dry extract. The crude aqueous extracts thus obtained were stored in the refrigerator, protected from light and moisture in vials.

### **Preparation of the ethanolic extract**

Totally, 300 g of powder was used for the preparation of the ethanolic extract. 100 g of powder was distributed in three bottles. In each bottle was added 500 ml of ethanol. The whole was homogenized manually and left at 37 °C for 24 h. The supernatant was collected in another bottle and extracted again with ethanol. The operation was repeated three times for three successive days. The process of filtration, evaporation and calculation of yield was the same to that of aqueous extraction.

### **Phytochemical screening**

The phytochemical screening of the *H. abyssinica* extracts was performed according to the colorimetric method (tube test) describe by Houghton and Raman (1998).

### **Antibacterial activity**

The evaluation of the sensitivity of microorganisms (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923; *Enterococcus faecalis*; *Shigella sp*; *Vibrio cholerae*; *Escherichia coli* ATCC 25922; *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853; *Klebsiella sp* and *Salmonella sp*) to different extracts of *Harrisonia abyssinica* was carried out by the technique of broth dilution microplate (96 wells). The test was based on the determination of minimum inhibitory and bactericidal concentrations (MIC and MBC).

### **Determination of the Minimum Inhibitory Concentration (MIC)**

Ethanolic extract and the aqueous extract of *H. abyssinica* were prepared at 20 mg / mL in an acetone-water 60 / 40 mixture. Then, 100 µl of MH broth were taken from all the wells to which were added 100 µl of the extract at 20 mg / mL at the level of the first 8 horizontal wells, which allowed us to carry out the half dilution until the last wells of each series. The concentration series evaluated were as follows: 5,000; 2.5; 1.25; 0.625; 0.312; 0.156; 0.078 and 0.039 mg/ml. Then, 100 µl of bacterial suspension at 10<sup>6</sup> CFU / ml are added to all the wells except the control media. The media: MH medium (T1); MH + extract (T2) and MH + acetone (T3) were produced as control media. The media were homogenized and the plates were finally incubated at 37 °C for 18 h.

After 18 h of incubation, 40 µl of para Iodonitrotetrazolium violet (p-INT) are added to 0.2 mg/ml of distilled water at each well and the whole is incubated again at 37 °C for 30 minutes. p-INT is an indicator of bacterial growth by staining. Appearance of red color indicates bacterial growth and maintenance of extract color indicates inhibition of bacterial growth by the extract. The Minimum Inhibitory Concentration of the extracts corresponds to the smallest concentration for which the medium does not turn red (Atindéhou, 2012).

### **Determination of the Minimum Bactericidal Concentration (MBC)**

MBC is the smallest concentration of the antibacterial substance making it possible to obtain, after 18 to 24 hours of incubation at 37 °C, 0.1% of germs, one bacterium per 1000 of the initial inoculum (Rodríguez Vaquero *et al.*, 2010). A quantity of the mixture (extract, MH and bacterial broth) was inoculated on MH agar medium and incubated for 24 hours at 37 °C.

### **Acute toxicity test for aqueous and ethanolic *Harrisonia abyssinica* extracts on Wistar rats**

The acute oral toxicity study was performed according to the OECD Section 4: Health effects; Test No. 423: guidelines adopted December 17, 2001 (OECD, 2001) 5 groups of rats were acclimatized for five (05) days in the laboratory. They were fasted 12 hours before the administration of *H. abyssinica* extracts. A single dose of 2000 mg / kg of each extract was administered by gavage to four batches of rats including 3 males and 3 females for each type of extract and the control batch (3 female rats) which received distilled water. The animals were observed carefully for the first four hours after administration and then daily for 14 days.

#### **- Food intake**

Food consumption was recorded daily during treatment. The rats received 50 g of food and the amount of food remaining was measured at the same time the next day. Food consumption was calculated by subtracting food scraps from the total food provided.

#### **- Clinical observations**

Observation of the physiological behavior of animals focused on changes in the coat, eyes and mucous membranes; autonomous activity (lacrimation, bristling of hair, unusual breathing); change in behavior, posture or reaction to handling; deaths; the body weight of each rat was assessed before, in the middle and at the last day.

At the end of the toxicity assessment, all the rats (03) in each group were sacrificed and autopsied; the liver and kidneys were removed, washed and weighed.

#### **- Histological sections of organs**

Histological sections of organs were processed in many steps preparation of cassettes (the organs resulting from the dissection were cut into small pieces and then placed in cassettes for fixation); Tissue fixation ; the circulation (consists in making the pieces in a series of liquids in order to give them a rigidity favorable to cutting); coating ; microtome cut and coloration. The assembly is carried out by affixing the slides on the histological slide using Eukitt glue.

## Data analysis and processing

### Phytochemical screening

The yield (r) of the various extracts was expressed as a percentage (%), by the ratio between the mass of the extract (Mext) and that of the plant material (Mmat).

$$r (\%) = (\text{Mass of the extract (g)}) \times 100 / (\text{Mass of the powder (g)})$$

### Antibacterial activity

The result was encoded in the Excel spreadsheet and translated into tables. An interpretation of the images of the bactericidal or bacteriostatic action of the different extracts on the bacterial strains was made.

### Acute toxicity test for aqueous and ethanolic *Harrisonia abyssinica* extracts on *Wistar* rats

The various observations on the behavior and movement of the rats were noted. The absolute and relative weights of the organs (liver and kidneys) were calculated. The absolute weight is approximate to the gross weight of the organs. The relative organ weights were calculated using the formula below:

$$\text{Relative weight} = \frac{\text{Organ weight}}{\text{Animal body weight on the day of sacrifice}} \times 100 \quad (\text{Shendge and Belemkar, 2019})$$

These data were translated into a histogram. Construction of graphs was performed using Graph Pad Prism software version 6.00 (Graph Pad Prism Software, Inc., San Diego, California).

## Results

### Yield of extracts

For this work, the aqueous extract and the ethanolic extract of the powder from the leaves of *H. abyssinica* were used. Of the two extracts, the aqueous extract was found to have the greatest yield (19.58%). Table 1.

**Table 1:** Yield of the aqueous and ethanolic extract from the leaves of *H. abyssinica*.

Extracts	Mass of material (g)	Mass of extract (g)	Yield (%)
Aqueous	300	58,75	<b>19,58</b>
Ethanolic	300	54,48	<b>18,16</b>

### Phytochemical screening

The results of the phytochemical analysis of these two extracts are assigned in Table 2.



**Table 2:** Different secondary metabolites identified in the aqueous and ethanolic extracts of the leaves of *H. abyssinica*.

Secondary metabolites	Aqueous extract	Ethanolic extract
Tannins	+++	+++
Catechic tannins	–	–
Gallic tannins	+	+
Alkaloids	–	++
Reducing sugar	+++	+++
Coumarins	+++	+++
Quinones	++	+++
Steroids	+	++
Terpen compound	++	+++
Saponosides	+	+
Flavonoids	–	–

(–): absence of the secondary metabolite in the extract; (+) Presence of the secondary metabolite in low dose in the extract; (++) presence of the secondary metabolite in medium dose in the extract and (+++) presence of the secondary metabolite in high dose in the medium.

The results of the phytochemical test showed that both extracts from the leaves of *H. abyssinica* Oliv. ( Rutaceae) (Simaroubaceae) contain phenolic compounds: tannins (gallic tannins), coumarins, anthocyanins and free quinones, and terpene compounds, to which are added saponosides and reducing sugars. However, we have found that quinones and terpene compounds are more abundant in the ethanolic extract than in the aqueous extract. Catechic tannins and flavonoids were scarce from both extracts. The presence of alkaloids was noted in the ethanolic extract.

**Evaluation of the antibacterial activity of aqueous and ethanolic extracts of *Harrisonia abyssinica* on some bacterial strains**

The sensitivity test results show that the ethanolic extract of *H. abyssinica* was showed important active on bacteria than the aqueous extract. All the bacteria tested were sensitive to the two *H. abyssinica* extracts except *Pseudomonas aeruginosa* and *Klebsiella spp* which were found to be resistant to the aqueous extract at different concentrations. In addition, some bacteria (*Staphylococcus aureus*; *Enterococcus faecalis*; *Shigella spp*; *Vibrio cholerae*; *Escherichia coli*) were found to be sensitive at the most optimal concentration (5,000 mg/ml) of the aqueous extract. Unlike the aqueous extract, all bacteria were sensitive to at least a concentration (2.5 mg/ml) of the ethanol extract.



## Determination of Minimum Inhibitory Concentration and Minimum Bactericidal Concentration

### - Minimum Inhibitory Concentration (MIC)

The lowest concentration of extracts inhibiting any visible growth of bacterial strains after an incubation time of 18 to 24 hours is considered here as the Minimum Inhibitory Concentrations of extracts against the various bacterial strains (Table 3).

**Table 3:** Minimum inhibitory concentration (MIC) of the different bacterial strains.

Bacteria	Aqueous extract (MIC)	Ethanollic extract (MIC)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	>5mg/ml	1.25 mg/ml
<i>Enterococcus faecalis</i>	5 mg/ml	1.25 mg/ml
<i>Shigella sp</i>	5 mg/ml	1.25 mg/ml
<i>Vibrio cholerae</i>	5 mg/ml	2.5 mg/ml
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	>5mg/ml	1.25 mg/ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	>5mg/ml	2.5 mg/ml
<i>Klebsiella sp</i>	>5mg/ml	2.5 mg/ml
<i>Salmonella sp</i>	5mg/ml	2.5 mg/ml

The Minimum Inhibitory Concentration (MIC) varied between 1.25 mg/ml and greater than 5 mg/ml. In fact, the inhibition is greater for the ethanol-based extract with a MIC varying from 1.25 to 2.5 mg/ml compared to that of the water-based extract whose low MIC is 5 mg/ml. Furthermore, the ethanol-based extract exhibited interesting inhibitory activity against *Staphylococcus aureus*; *Enterococcus faecalis* and *Shigella sp* with a MIC of 1.25 mg/ml and an average activity on *Vibrio cholerae*; *Pseudomonas aeruginosa*; *Klebsiella sp* and *Salmonella sp* with a MIC of 2.5 mg/ml.

### - Determination of the Minimum Bactericidal Concentration (MBC)

No Minimum Bactericidal Concentration was obtained for concentrations varying from 1.25 to 10 mg/ml. Therefore the extracts probably have bacteriostatic activity on the strains of bacteria studied.

### Oral acute toxicity test of aqueous and ethanolic extracts of *Harrisonia abyssinica* on Wistar rats

#### - Clinical observations and survival of rats

No mortality was observed during the first 4 hours of simultaneous observation and also after 24 hours. No lethal effects was also observed after administration of the *H. abyssinica* extract for the experimental period of 14 days and the morphological characteristics appeared normal. No salivation,

diarrhea or unusual behavior. The breathing was also normal. This indicates that the two extracts of *H. abyssinica* leaves at the dose of 2000 mg/kg of body weight are physically safe. The control group that also received distilled water showed no toxic effects or mortality during the study period. As there was no recorded mortality for this dose, it can be assumed that the LD<sub>50</sub> value is greater than the limit test dose of 2000 mg/kg body weight.

- **Effect of ethanolic and aqueous extracts of the leaves of *Harrisonia abyssinica* on the change in body weight (bw) of the Wistar rats during the test**

In male rats, those that received the extracts already during the first eight days gained weight unlike the controls. From the eighth day, those that received the aqueous extract and the controls increased slightly in weight unlike those that received the ethanolic extract and tend to keep their weight (Figure 1). As for the female rats, the weight of those that received the ethanolic extract dropped slightly after the eighth day as well as those that received the aqueous extract unlike the controls that received distilled water and gained weight (Figure 2).

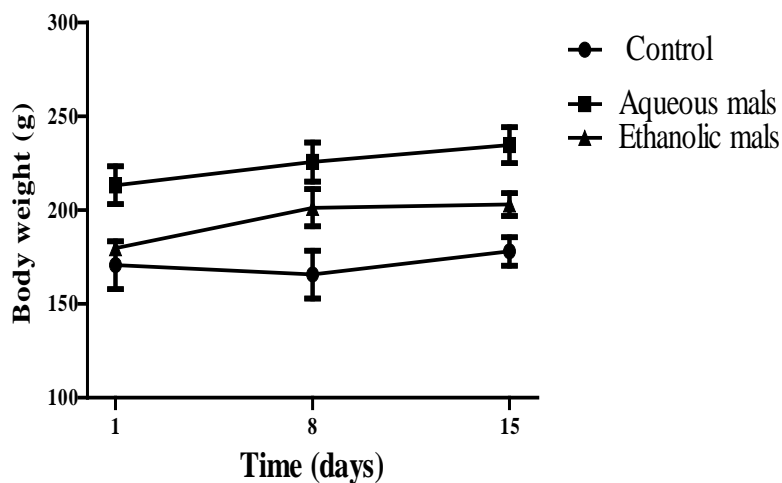


Figure 1: Weight of male rats in the time.

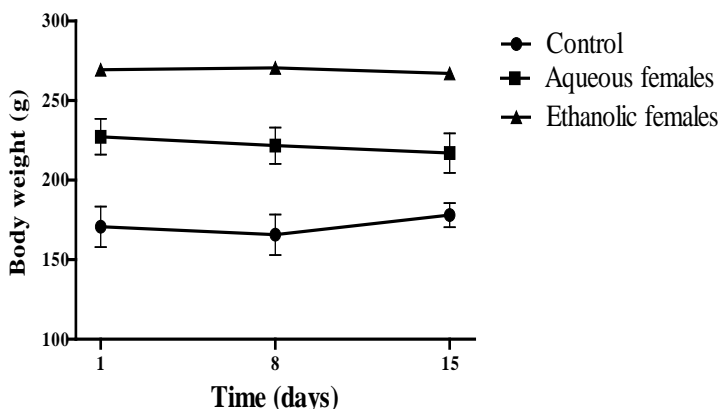
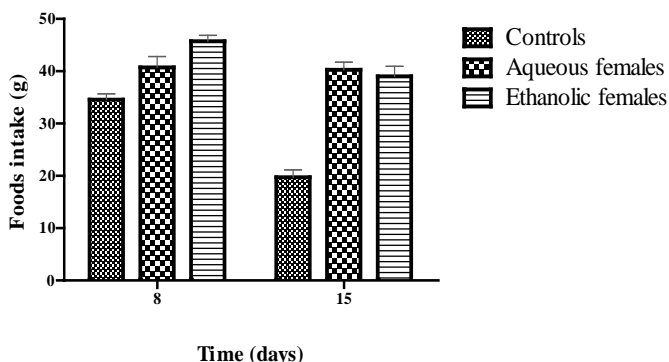


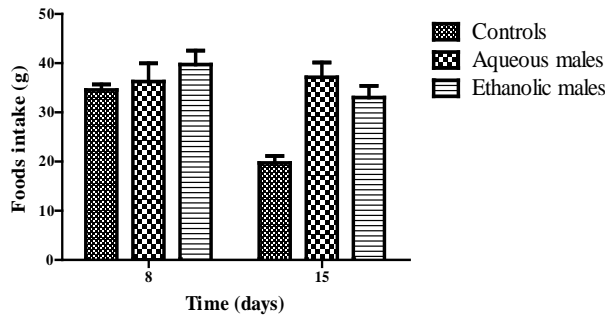
Figure 2: Weight of female rats in the time.

- **Effect of *H. abyssinica* leaf extracts on food consumption by rats during the test period**

The results obtained in female rats show from the first to the fifteenth day an increase in food intake both at the level of those that received *H. abyssinica* aqueous extract and the ethanolic extracts. From the eighth to fifteenth day, we observed a drop in the considerable quantity of food taken by the control rats, a constant in those that received the aqueous extract and a slight drop for those that received the ethanolic extract (Figure 3). Figure (4) show an increase in food in the male rats that received the extracts compared to the controls. From the eighth to the fifteenth day we have a considerable drop in the amount of food taken by the controls while for those that received the aqueous extract a slight increase unlike those that received the ethanolic extract a slight drop

Figure 3: Variation of food consumption in female rats as a function of time.

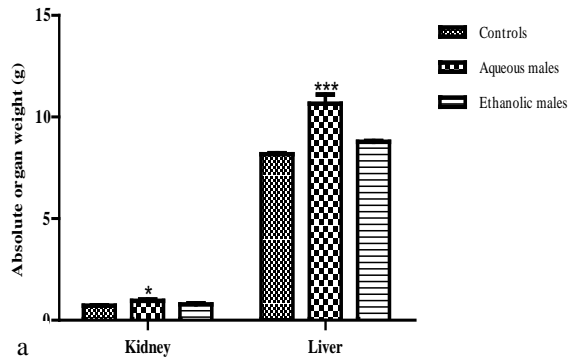




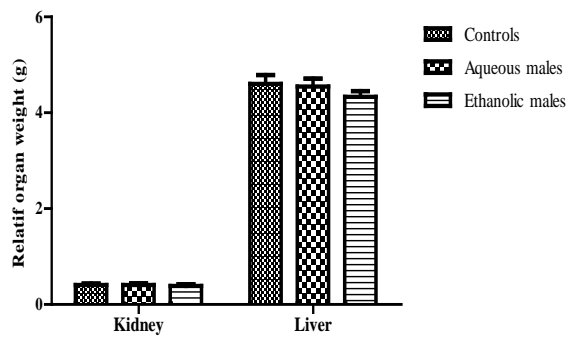
**Figure 4:** Variation of food consumption in male rats as a function of time

- **Effect of *Harrisonia abyssinica* extracts on the liver and kidney organs of Wistar rats**

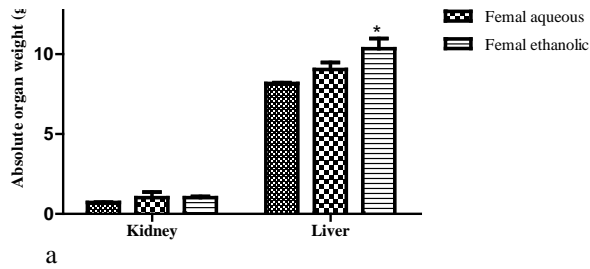
The acute effect of *H. abyssinica* leaf extracts on absolute and relative organ weight in rats is shown in Figures 5 and 6. Absolute weights of liver and kidneys in male rats treated with single 2000 mg / kg bw of *H. abyssinica* leaf extracts (Figure 5) was significantly altered ( $p \leq 0.05$ ) for the kidneys in those given the aqueous extract and the liver was highly significant ( $p \leq 0.001$ ), while the change in relative liver and kidney weights was not significant. The relative liver and kidney weights in female rats treated with 2000 mg / kg bw of extract also had no change but only the change in absolute liver weight in those given the aqueous extract which exhibited a significance ( $p \leq 0.05$ ) (Figure 6). The Macroscopic observation showed no effect on liver and kidney of rats (Figure 7, 8).



b

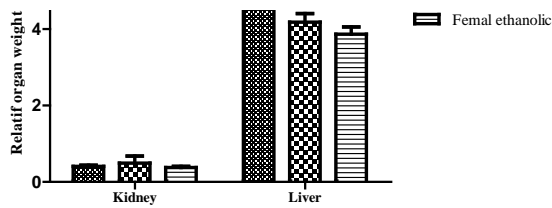


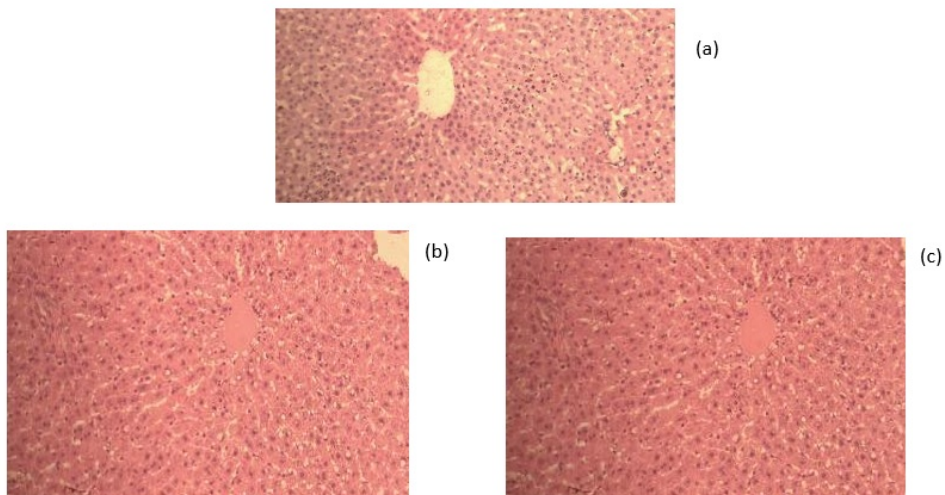
**Figure 5:** Absolute (a) and relative (b) organ weights (liver and kidneys) in male rats.



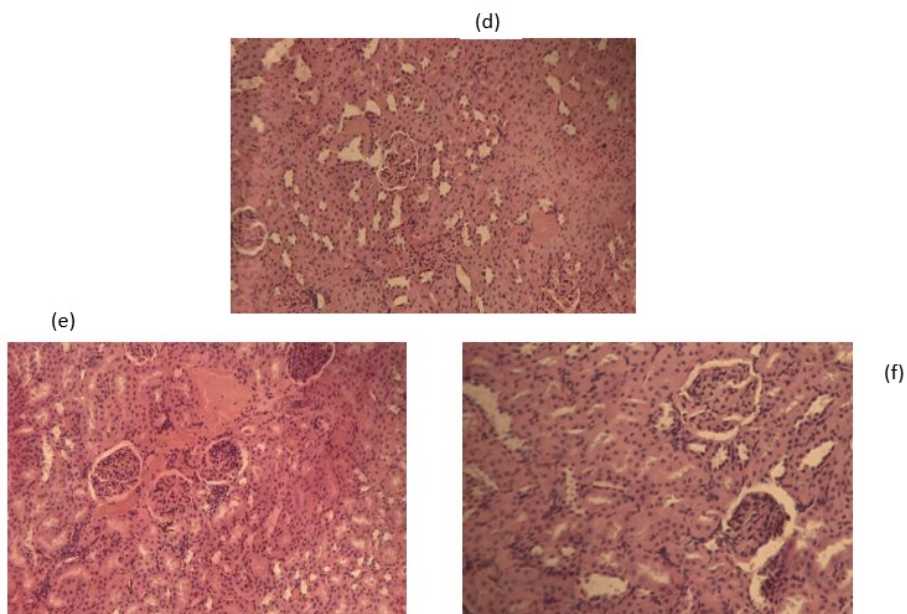
b

**Figure 6:** Absolute (a) and relative (b) organ weights (liver and kidneys) in female's rats.





**Figure 7:** Photometry of liver of the rats: (a) “control group”; (b) “rats was received ethanolic extract of *H. abyssinica*”; (c) “rats was received aqueous extract of *H. abyssinica*”.



**Figure 8:** Photometry of kidney of the rats : d “control group”; e “ rats was received ethanolic extract of *H. abyssinica*” ; f “rats was received aqueous extract of *H. abyssinica*”.

## Discussion

The ethanolic and aqueous extracts contain almost the same active ingredients except for the alkaloids contained in the ethanolic extract and absent in the aqueous extract and moreover the difference in concentration of the latter (Tannins; Gallic tannins; Alkaloids; Reducing sugars; Coumarins; Quinones; Steroids; Terpene compounds and Saponosides). In their studies, Bene *et al.* (2015) found the same phytochemical compositions except for the terpene compounds found in this study and also the difference in concentration for certain metabolites can be justified by the extraction methods, the time place of harvest or place of harvest of the species.

Moreover, the antimicrobial and antiviral properties of coumarins have been reported (Kong *et al.*, 2010). They appears to be inhibitors of Gram positive and Gram negative bacteria (Kong *et al.*, 2010). Based on a study on the structure-activity relationship of coumarins, they concluded that the extra "furo" cycle increases the antimicrobial activity of coumarins (Kuate *et al.*, 2007). Therefore, three-cycle coumarins have better antibacterial activity than two-cycle coumarins (Kuate *et al.*, 2007). The antibacterial activity observed with our study species at the highest concentration studied could therefore be linked to the high concentration of two-ring coumarins in our extracts. Plants rich in tannins have an astringent nature and are used in the treatment of intestinal disorders such as diarrhea and dysentery, there by exhibiting antimicrobial activity. Except from the phenolic compounds that are more involved in the antibacterial activity, we also have the alkaloids. Alkaloids were identified in the ethanolic extract and not in the aqueous extract. They are generally insoluble in water, but soluble in certain organic solvents such as alcohol, ether, chloroform, etc. This could justify its absence in the aqueous extract. Several studies have demonstrated the antibacterial effect of alkaloids (Delso *et al.*, 2010; Nenaah, 2010; Yu *et al.*, 2010). Orhan *et al.* (2007) reported that all types of alkaloids appear to be more active against Gram negative bacteria than Gram positive bacteria. Terpenoids are also known to have antibacterial properties (Cowan, 1999).

### - Antibacterial activity of the two extracts

The antibacterial activity of plant extracts is due to the various chemical agents present in these extracts, flavonoids and triterpenoids as well as other compounds of a phenolic nature having antibacterial properties (Morel *et al.*, 2005; Daglia, 2012). According to Dorman and Deans (2000), the biological activity of a plant extract is related to its chemical composition, the functional groups of the major compounds and their synergistic effects. The activity of a plant substance depends on several factors, including the method of extraction

and the concentration of active ingredients (Onzo *et al.*, 2016). The sensitivity of the different bacteria to extracts justifies the use of the leaf in the treatment of microbial infections and it is explained by its richness in secondary metabolites (tannins and coumarin) classified as very active antibiotic compounds (Rojas *et al.*, 1992). The variation observed with respect to the activities on the strains is therefore explained by the difference in the composition in secondary metabolites of the extracts. Also, the difference in MICs at the level of the two extracts may be justified by the fact that the ethanol solvent would be able to extract other secondary metabolites that water cannot extract. According to Essawi and Srour (2000), the effectiveness of an extract may not be due to a single active constituent but to the synergistic effect of two or more. Also, the active ingredient composition of an extract relates to its activity, but we can also report the concentration of these active ingredients in extracts (Bolou *et al.*, 2011). The effectiveness of the ethanolic extract is therefore justified by its composition and concentration of active ingredients. According to Bolou *et al* (2011), the preliminary phytochemical screening on *Terminalia glaucescens* Planch shows that the fraction most active on bacteria contains terpenoids, phenolic derivatives and alkaloids. The bacteriostatic action of the extracts justifies the dosage chosen by the population during the ethnobotanical survey.

- **Acute toxicity of ethanolic and aqueous extracts of leaves of *H. abyssinica* on Wistar rats**

The toxicity study showed that the aqueous and ethanolic extracts of *H. abyssinica* at a dose of 2000 mg/kg body weight did not cause any mortality, nor any morphological changes and also a change in behavior. *Harrisonia abyssinica* was showed to be non-toxic and the lethal dose would be greater than 2000mg/kg. This result corroborates those of several authors on different species of medicinal plants use (Etame-Loe *et al.*, 2018).The change in body weight is used as an indicator of the adverse effects of chemical compounds (Hilaly *et al.*, 2004) . Weight loss is correlated with the physiological state of the animal. These results may also explain a certain compatibility of the organism with the different modes of use and the dose taken of this plant for weight loss. Other studies have also demonstrated a reduction in the weight of rats after oral administration of the extract of *Stryphnodendron adstringens* (Rebecca *et al.*, 2002). The decrease in body weight over the 14 days of daily treatment suggests that the dose 2000 mg/kg was administered once to each animal have effects on the development of Albino Wistar rats. As for the consumption of food, a certain increase was noted at the level of the two sexes and of the two extracts though if it was not significant even at the end of the



fifteenth day. This increase in food intake may be justifying the use of this plant as an aperitif. The insignificance of the effect of the two aqueous and ethanolic extracts of *H. abyssinica* leaves on the relative weights of the organs (kidneys and livers) in the two sexes may be due to the non-toxic effect of the plant. This during the increase in absolute liver weight may be linked to congestion by reserving blood in the liver (Rasekh *et al.*, 2008). However, these results require further analysis to know the effect of the extract on these organs.

## Conclusion

Medicinal plants are a source of new molecules with economical antibacterial activity available to deal with the emergence of resistance phenomenon of germs to antibiotics. The study species in this case is *H. abyssinica*. Based on the results obtained, we can retain that the biological extracts of *H. abyssinica* present a bactericidal effect on the strains used but at a dependent dose. The results help to understand the use of the plant in traditional medicine. As for the recommendation on the use of the plant, more studies are needed, especially clinical studies.

### Table caption

**Table 1:** Yield of the aqueous and ethanolic extract from the leaves of *H. abyssinica*.

**Table 2:** Different secondary metabolites identified in the aqueous and ethanolic extracts of the leaves of *H. abyssinica*.

**Table 3 :** Minimum inhibitory concentration (MIC) of the different bacterial strains.

### Figure caption

**Figure 1:** Weight of male rats in the time.

**Figure 2:** Weight of female rats in the time.

**Figure 3:** Variation of food consumption in female rats as a function of time.

**Figure 4:** Variation of food consumption in male rats as a function of time.

**Figure 5:** Absolute (a) and relative (b) organ weights (liver and kidneys) in male rats.

**Figure 6:** Absolute (a) and relative (b) organ weights (liver and kidneys) in female's rats.

**Figure 7:** Photometry of liver of the rats: (a) "control group"; (b) "rats was received ethanolic extract of *H. abyssinica*"; (c) "rats was received aqueous extract of *H. abyssinica*".

**Figure 8:** Photometry of kidney of the rats : d “control group”; e “rats was received ethanolic extract of *H. abyssinica*” ; f “rats was received aqueous extract of *H. abyssinica*”.

### Acknowledgements

The authors say their gratitude to members of the team of Laboratory of human biology (Faculty of Health Sciences) and of Unity of Biochemistry and Molecular Biology (Faculty of Sciences and Technology) of University of Abomey-Calavi for their contributions.

### Competing interest

The authors declare they have no competing interests.

### References:

1. Ahmed, M.H., Mohamed, A.I., Jin, Z., Farouk, R.M., El-Hawary, S.S., Melissa, R.J. et Ilias, M. (2014). *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus*, *Vancomycin-resistant Enterococcus faecalis* and *Enterococcus faecium* active Dimeric Isobutyrylphloroglucinol from *Ivesia gordonii*. Natural product communications 9 (2): 221-24.
2. Atindehou, M. (2012). Caractérisation structurale et biologique de nouveaux agents antibactériens naturels actifs dans les infections intestinales: des peptides de la chromogranine A et des principes actifs de *Chromolaena odorata*. PhD thesis, Université de Strasbourg, p 422.
3. Bene, K., Djeneb, C., N'Guessan, B.Y.F. et Guede, N. Z. (2015). Étude ethnobotanique, activité antifongique in vitro sur *Candida albicans* et toxicité sur les cellules HFF de *Harrisonia abyssinica* Oliv. (Simaroubaceae), une plante de la pharmacopée ivoirienne. Journal of Applied Biosciences 94 (1): 8815. <https://doi.org/10.4314/jab.v94i1.4>.
4. Béné, K., Coulibaly, K., N'Guessan, B.Y., Kanga, Y.i et Guédé, N. (2017). *Harrisonia abyssinica* Oliv. (Simaroubaceae), Plant with Multiple Therapeutic Uses: Botanical Study, Phytochemical and Antioxidant Evaluation. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Research 8(3): 13.
5. Bolou, G., Bagré, I., Ouattara, K. et Djaman, A.J. (2011). Evaluation of the Antibacterial Activity of 14 Medicinal Plants in Côte d'Ivoire. Tropical Journal of Pharmaceutical Research 10 (3). <https://doi.org/10.4314/tjpr.v10i3.3>.
6. Cowan, M.M. (1999). Plant Products as Antimicrobial Agents. Clinical Microbiology Reviews 12 (4): 564-82. <https://doi.org/10.1128/CMR.12.4.564>.

7. Daglia. (2012). Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology* 23 (2): 174-81. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.08.007>.
8. Damien, L., Soizic, P., Dennis, K., John, K., Jane, N., Sabrina, K.D., Vincent, D., Elisabeth, M., Bernard, B. et Florence, B. (2011). Antiplasmodial and cytotoxic activities of medicinal plants traditionally used in the village of Kiohima, Uganda. *Journal of Ethnopharmacology*, 133 (850-855): 6.
9. Delso, I., Tomás, T., Goti, A. et Merino, P. (2010). Synthesis of D-Arabinose-Derived Polyhydroxylated Pyrrolidine, Indolizidine and Pyrrolizidine Alkaloids. *Total Synthesis of Hyacinthacine A2. Tetrahedron* 66 (6): 1220-27. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2009.12.030>.
10. Dorman, H.J.D. et Deans, S.G. (2000). Antimicrobial Agents from Plants: Antibacterial Activity of Plant Volatile Oils. *Journal of Applied Microbiology* 88 (2): 308-16. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x>.
11. Etame-Loe, G., Ngoule, C.C., Mbome, B., Pouka, K., Ngene, J.P., Yinyang, J., Okalla, C., Ngaba, G.P. et Dibong, S.D. (2018). Contribution à l'étude des plantes médicinales et leurs utilisations traditionnelles dans le département du Lom et Djerem (Est, Cameroun). *Journal of Animal and Plant Sciences* 35(1): 5560-5578 <http://www.m.elewa.org/JAPS>; ISSN 2071-7024 1: 19.
12. Essawi, T. et Srour, M. (2000). Screening of some Palestinian medicinal plants for antibacterial activity. *Journal of Ethnopharmacology* 70 343–349
13. Hilaly, J., El Zafar, H.I. et Badiâa, L. (2004). Acute and Chronic Toxicological Studies of Ajuga Iva in Experimental Animals . *Journal of Ethnopharmacology* 91 (1): 43-50. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2003.11.009>.
14. Houghton, P.J. et Raman, A. (1998). *Laboratry Handbook for the Fractionation of Naturals Extracts*. Editions Chapman and Hall first collection: New York.
15. Kong, Y., Yu-Jie, F., Yuan-Gang, Z., Fang-Rong, C., Yung-Husan, C., Xiao-Lei, L., Johannes, S. et Hans-Martin, S. (2010). Cajanuslactone, a New Coumarin with Anti-Bacterial Activity from Pigeon Pea [*Cajanus Cajan* (L.) Millsp.] Leaves. *Food Chemistry* 121 (4): 1150-55. <https://doi.org/10.1016/j>

16. Kuete, V., Metuno, R., Ngameni, B., Mbaveng, T.A, Ngandeu, F., Wabo, F.G. et Bezabih, M. (2007). Antimicrobial Activity of the Methanolic Extracts and Compounds from *Treculia Obovoidea* (Moraceae). *Journal of Ethnopharmacology* 112 (3): 531-36. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.04.010>.
17. Morel, A.F., Maldaner, G., Vinicius, I., Missau, F., Ubiratan, F.S. et Ionara, I.D. (2005). Cyclopeptide Alkaloids from *Scutia Buxifolia* Reiss and Their Antimicrobial Activity. *Phytochemistry.*, 66(21):2571-76. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2005.08.016>.
18. Mubo, A.S. et Osiyemi, O. A. (2012). Morphological and anatomical studies of two medicinal plants: *Harrisonia abyssinica* Oliv. (Simaroubaceae) and *Spathodea campanulata* P. Beauv. (Bignoniaceae) and their systematic significance. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 4(1):800-807.
19. Nenaah, G. (2010). Antibacterial and Antifungal Activities of (Beta)-Carboline Alkaloids of *Peganum Harmala* (L) Seeds and Their Combination Effects. *Fitoterapia* 81 (7): 779-82. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2010.04.004>.
20. Ogoubé, R., Aïtondji, L., Déléké - koko, I. et DJEGO, J. (2019). Valeurs ethnobotaniques, écologie et statut de conservation de *Harrisonia abyssinica* Oliv. (Simaroubaceae) au Sud et au Centre de la République du Bénin. *Afrique Science* 15 (1): 417-31.
21. Organisation de coopération et développement économique (OCDE) Lignes directrices pour essais de produits chimiques. Section 4, Essai n0423. (Adopté le 17décembre 2001).
22. Onzo, C.F., Azokpota, P., Dah-Nouvlessounon, D., Lehmane, T.H., Adjatin, A. et Baba-Moussa, L. (2016). Évaluation de l'activité antimicrobienne de quatre feuilles utilisées comme emballages dans l'artisanat agroalimentaire au Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 95 (1): 9015. <https://doi.org/10.4314/jab.v95i1.11>.
23. Orhan, I., Berrin, Ö. et Şener, B. (2007). Antiviral and Antimicrobial Evaluation of Some Heterocyclic Compounds from Turkish Plants. In *Bioactive Heterocycles V*, édité par Mahmud Tareq Hassan Khan, 11:303-23. *Topics in Heterocyclic Chemistry*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/7081\\_2007\\_072](https://doi.org/10.1007/7081_2007_072).
24. Rasekh, H.R., Pardis, N., Kamli-Nejad, M. et Hosseinzadeh, L. (2008). Acute and Subchronic Oral Toxicity of *Galega Officinalis* in Rats. *Journal of Ethnopharmacology* 116 (1): 21-26. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.10.030>.

25. Rebecca, M.A., Ishii-Iwamoto, E.L., Renata, G., Roberto, K.N.C., Caparroz-Assef, S.M., Palazzo de Mello, J.C. et Bersani-Amado, C.A. (2002). Toxicological Studies on *Stryphnodendron Adstringens*. *Journal of Ethnopharmacology* 83 (1-2): 101-4. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(02\)00219-2](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(02)00219-2).
26. Rodríguez Vaquero, M.J., Tomassini Serravalle, L.R., Manca de Nadra, M.C. et Strasser de Saad AM. (2010). Antioxidant Capacity and Antibacterial Activity of Phenolic Compounds from Argentinean Herbs Infusions. *Food Control* 21 (5): 779-85. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.10.017>.
27. Rojas, A., Hernandez, L., Pereda-Miranda, R. et Mata, R. (1992). Screening for Antimicrobial Activity of Crude Drug Extracts and Pure Natural Products from Mexican Medicinal Plants. *Journal of Ethnopharmacology* 35 (3): 275-83. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(92\)90025-M](https://doi.org/10.1016/0378-8741(92)90025-M).
28. Shendge, P.N. et Belemkar, S. (2019). Acute and 28-Day Oral Toxicity Studies of Methanolic Extract of *Lagenaria Siceraria* (Cucurbitaceae) Fruit in Rats. *Drug and Chemical Toxicology* 1(9). <https://doi.org/10.1080/01480545.2019.1617302>.
29. Sina, H., Baba Moussa, F., Ahoyo, T.A., Mousse, W., Anagonou, S. et Gbenou, J.D. Preacute, v. G, Kotchoni, S.O. et Baba Moussa, L. (2011). Antibiotic susceptibility and toxins production of *Staphylococcus aureus* isolated from clinical samples from Benin. *African Journal of Microbiology Research* 5 (18): 2797-2803. <https://doi.org/10.5897/AJMR11.782>.
30. Yu, H., Lei, Z., Lin, L., Chengjian, Z., Lei, G., Wenchao, I., Peixin, S. et Luping, Q. (2010). Recent Developments and Future Prospects of Antimicrobial Metabolites Produced by Endophytes. *Microbiological Research* 165 (6): 437-49. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2009.11.009>.
31. Zahar, J.R. et Lesprit, P. (2014). Management of Multidrug Resistant Bacterial Endemic. *Medecine et Maladies Infectieuses* 44 (9): 405-11. <https://doi.org/10.1016/j.medmal.2014.07.006>.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Caracterización Físico-Química Y Organoléptica De Un Licor A Base De Piñuela

*Arianna del Ángel Pacheco May, (Lic. En Gastronomía)*

*Bibiana Piedra Vázquez, (Lic. En Gastronomía)*

*Cecilia de Jesús López Velasco, (Lic. En Gastronomía)*

*Maximiliano Vanoye Eligio, (Doctor en Ciencias)*

*Jocabeth Eunice Naal Espinosa, (M.A.R.H)*

Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Calle Col Unidad, Esfuerzo y Trabajo No. 1. Escárcega, Campeche.

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p255](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p255)

Submitted: 12 June 2021

Accepted: 20 August 2021

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Pacheco May A., Vasques B.P., Velasco C., Eligio M.V., & Espinosa J.E.N., (2022). *Caracterización Físico-Química Y Organoléptica De Un Licor A Base De Piñuela* European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p255>

### Resumen

La piñuela es una baya agridulce y jugosa, su pulpa es de color blanco. En la península de Yucatán, la población maya la conoce con distintos nombres, sin embargo, también ha sido registrado para al menos 13 estados del país. Esta especie crece en las regiones tropicales de ambos litorales en México, así como en Centroamérica y las islas del Caribe, presentando mayor abundancia en la zona costera y en la selva baja caducifolia. Los usos que se le da a la piñuela son diversos (ornamental, medicinal, fines alimenticios, decorativos y ceremonial). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue elaboración y caracterización de un licor del fruto de la piñuela (*Bromelia pinguin* L) de forma artesanal en el municipio de Escárcega, Campeche. Para el logro de la investigación se hizo la recolección del fruto en localidades rurales del municipio de Candelaria, las cuales fueron trasladadas a las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega para la elaboración del licor, en donde después de tres meses se procedió a la evaluación de aceptabilidad ante un panel semientrenado. Los resultados indican que presenta una alta concentración de alcohol (31). Los panelistas valoraron el licor de piñuela satisfactoriamente (más del 80%). Como

conclusión del estudio es importante considerar a este fruto como parte de un crecimiento en la industria alimentaria de la región, ya que por sus características naturales se le considera como un fuerte producto potencial para ser aprovechado por la comunidad local.

---

**Mots clés:** Piñuela, Licor, Físico-Química, Escárcega

## **Physical-Chemical And Organoleptic Characterization Of A Pineapple-Based Liquor**

*Arianna del Ángel Pacheco May, (Lic. En Gastronomía)*

*Bibiana Piedra Vázquez, (Lic. En Gastronomía)*

*Cecilia de Jesús López Velasco, (Lic. En Gastronomía)*

*Maximiliano Vanoye Eligio, (Doctor en Ciencias)*

*Jocabeth Eunice Naal Espinosa, (M.A.R.H)*

Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Calle Col Unidad, Esfuerzo y Trabajo No. 1. Escárcega, Campeche.

---

### **Abstract**

The piñuela is a bittersweet and juicy berry, its pulp is white in color. In the Yucatan Peninsula, the Mayan population knows it by different names, however, it has also been recorded for at least 13 states in the country. This species grows in the tropical regions of both coasts in Mexico, as well as in Central America and the Caribbean islands, presenting greater abundance in the coastal zone and in the low deciduous forest. Piñuelas are used for a variety of purposes (ornamental, medicinal, food, decorative, and ceremonial). Therefore, the objective of this research was to elaborate and characterize a liqueur made from the fruit of the piñuela (*Bromelia pinguin* L) in an artisanal way in the municipality of Escárcega, Campeche. For the achievement of the research, the fruit was collected in rural localities of the municipality of Candelaria, which were transferred to the facilities of the Instituto Tecnológico Superior de Escárcega for the elaboration of the liquor, where after three months the evaluation of acceptability was made before a semi-trained panel. The results indicate that it has a high alcohol concentration (31). The panelists rated the piñuela liqueur satisfactorily (more than 80%). As a conclusion of the study, it is important to consider this fruit as part of a growing food industry in the region, since its natural characteristics make it a strong potential product to be exploited by the local community.

---

**Keywords:** Piñuela, Liquor, Physical-Chemical, Escárcega



## Introducción

La piñuela (*Bromelia pinguin* L.) es una baya agridulce y jugosa de cáscara hebrosa de color blanco amarillento a café oscuro, es completamente ferrugíneo, fusiforme, estrecho hacia la parte basal y apical, pero más redondo en su parte central. La pulpa es de color blanco dividida en tres lóculos con dos series de semillas de placentación parietal, ubicadas alternamente hacia el centro de color café a negro. En la península de Yucatán, la población maya la conoce como ch'am, ch' amch o, ch'om, jman, ts'lbay, ts'alvay. Sin embargo esto no quiere decir que se exclusiva del área, ya que ha sido registrado para al menos 13 estados del país (Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa, San Luis Potosí, Sonora, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz), por lo que en distintas investigaciones se menciona que la especie crece en las regiones tropicales de ambos litorales en México, así como en Centroamérica y las islas del Caribe, presentando mayor abundancia en la zona costera y en la selva baja caducifolia (Rangel, 2009; Hornung-Leoni, 2011;).

Los usos que se le da a la piñuela son diversos (ornamental, medicinal, fines alimenticios, decorativos y ceremonial). Respecto al uso ceremonial, la población maya prepara una bebida ancestral llamada “Balché” a la cual se le agrega el fruto de piñuela que actúa como un conservador natural, sin la piñuela la bebida fermentada dura unas cuantas horas, hoy en día se puede degustar esta bebida y conservarla en casa. Entre otros usos comerciales que se le da a la piñuela en México destaca la obtención de su fibra utilizada en la elaboración de sacos, cordelería para adornar vestimenta de la charrería (cinturones, ropa con atuendos de cuero bordados con ella), costales de artesanía, redes, hamacas, bolsas de mano, huaraches (sandalias), cestas y hasta arcos de flechas (Sandoval Bucio et al., 2004). Igualmente en el sureste Nicaragua, se obtienen fibras y son tratadas con jugo de lima para reducir la oxidación y aclarar su color (Coe y Anderson, 1999). La fibra conocida bajo el nombre de “ixtle” o “fibra de pita” obtenida de *Aechmea magdalenae* y *Bromelia pinguin* es reconocida por su brillo, finura y resistencia, comparable a la de la seda, pero con mayor vigor (Edouard, 2005). Además de los usos que se han mencionado, también se ha señalado el uso de la piñuela en la elaboración de licor de esta fruta, mermelada y malvavisco. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue elaboración y caracterización de un licor del fruto de la piñuela (*Bromelia pinguin* L) de forma artesanal.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

La recolección de los frutos para el estudio se llevó a cabo en la región sur del estado de Campeche, específicamente en las comunidades Nuevo progreso II, Miguel Hidalgo y Costilla y el Sacrificio; por ser lugares donde



de manera natural crece la piñuela. Esta región localizada en el sureste de la República Mexicana, cuenta con vegetación conocida como selva baja subcaducifolia y abundantes lluvias en verano. La región forma parte de una planicie, la altura mínima es de 10 metros y la máxima de 100 msnm., su superficie es plana con pendientes menores. Tiene un caudaloso río, el Candelaria. La región está integrada al sistema hidrológico Grijalva-Usumacinta, la cual comprende la corriente del río Candelaria que nace en el departamento del Petén (Guatemala), con el nombre de San Pedro, y desemboca en la Boca de Pargos, en la Laguna del Carmen. Una vez obtenidos los frutos, estos se llevaron al Laboratorio de Gastronomía del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega (ITSE), el cual se encuentra ubicado en la ciudad de Escárcega, perteneciente al municipio del mismo nombre.

#### *Elaboración de licor de piñuela*

En laboratorio se procedió a la elaboración de licor de piñuela que consiste en las siguientes etapas:

Procedimiento para la elaboración de licor mediante el método de maceración. Como ya ha quedado descrito en el marco teórico el método de maceración; se explica a continuación, paso a paso como obtener licor de piñuela por medio de maceración alcohólica; ya que era preponderante que la fruta no perdiera sus propiedades organolépticas al momento de darle su transformación en licor:

Recolección de la fruta preferentemente en contenedores pequeños de plástico para que el producto no se maltrate.

Selección de la fruta que ha alcanzado su madurez fisiológica

Lavado con agua tibia, para desprender impurezas.

Extracción de la pulpa de la baya.

Colocación de la pulpa en contenedores inoxidable y se lava.

La pulpa limpia se colocó en un contenedor de vidrio

Se le agregó alcohol 100% puro de caña

Se colocó en un lugar oscuro y se dejó macerando por un periodo de 45 días.

En un recipiente se hirvió agua con azúcar para convertirlo en un jarabe no muy dulce.

Extracción del líquido del contenedor no sin antes tamizarlo perfectamente.

En ebullición, se retiró el jarabe del calor y se vertió en un nuevo recipiente previamente esterilizado junto con la solución obtenida de la maceración.

La mezcla de jarabe y la solución obtenida de la maceración se dejaron enfriar.

Se seleccionó el envase definitivo y se esterilizó.

Se filtró el licor obtenido de todo el proceso anterior, utilizando papel filtro.

Finalmente, el líquido se colocó en el envase definitivo, cerrado herméticamente y etiquetado

Se dejó reposar por espacio de tres meses antes de su consumo.

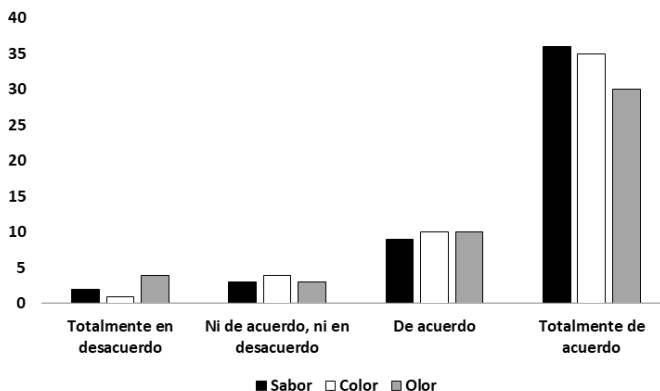
### *Evaluación del grado de aceptación del licor de piñuela*

La evaluación del grado de aceptación del licor de piñuela consistió en la selección de un panel de 50 personas, quienes previamente fueron semientrenados como se ha reportado en otros estudios (Pedrero y Pangborn, 1989). El licor fue presentado en vasos desechables de 200 ml., al que se le agregaron 50 ml de licor. Se permitió a cada panelista probar las muestras tantas veces como lo deseara. Cada panelista califico al licor por su sabor, color y olor. Por lo que cada característica organoléptica se valoró de acuerdo a la escala de Likert.

### **Resultados y Discusión**

Como resultado de la caracterización físico-química del licor de piñuela, se observó que el pH de este licor es de 3.5 considerando que un pH inicial debe estar por debajo de 3 y a medida que este sube, la acidez disminuye. Por lo que el resultado indica que su grado de acidez va de moderadamente ácido a ligeramente ácido. De igual forma la medición de los grados de alcohol fue de 31 y 15.7 de grados brix. Los resultados coinciden con otros estudios, Gómez et al. (2005) en su estudio de licor de mora a distintas concentraciones de la pulpa, reportó que su pH era de 3.15 a 3.2, mientras que sus grados brix daban valores de 13 a 26, y la concentración de alcohol va desde los 5 a los 7. Por lo que se considera que la concentración de alcohol en el licor de piñuela es alto.

Por otro lado, la aceptabilidad indica que más del 80% de los panelistas están de acuerdo a totalmente de acuerdo satisfactoriamente con el sabor, color y olor del licor (Fig. 1). En la figura se puede observar que el sabor fue la característica principal que determinó su aceptabilidad. En los comentarios de los panelistas expresaron que la concentración de alcohol es de ligera a moderada. Gutiérrez-Jiménez et al. (2009) en su estudio manifestó que el sabor en un licor es significativo para su aceptación, mientras que Alvarez et al. (2002) expresó que en el caso del licor de mandarina la característica determinante fue el olor.



## Conclusiones

Después del proceso investigativo y de haber confrontado datos de investigaciones similares, se encontró respuesta a la pregunta de investigación y se confirma nuestra hipótesis, si se puede obtener licor a partir del procesamiento artesanal del fruto de la piñuela en la región de Escárcega, en un periodo de 6 meses. Los objetivos se cumplieron; ya que se obtuvo el licor del fruto de la piñuela de forma artesanal, para consumo regional y a la vez se investigó sobre su uso y aprovechamiento para promover su consumo regional. Entre una de las actividades no consideradas en el estudio, sin embargo se realizó, fue la elaboración de trípticos para difundir entre la comunidad del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, las alternativas para el aprovechamiento del fruto de la piñuela. Finalmente, es importante considerar a este fruto como parte de un crecimiento en la industria alimentaria de la región, ya que por sus características naturales se le considera como un fuerte producto potencial para ser aprovechado por la comunidad local.

## Referencias

1. Alvarez, M. J. M., Gutiérrez, G., Graterol, A., & Belén, D. R. (2002). Evaluación de un licor dulce acondicionado con cáscaras de mandarina. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 12(4), 271-278.
2. Coe, F. G. & Anderson, G. J. (1999). Ethnobotany of the Sumu (Ulwa) of Southeastern Nicaragua and comparisons with Miskitu plant lore. *Econ Bot* 53: 363 - 386.
3. Edouard F. (2005). Pita: renacimiento de la fibra natural más resistente pp 36-41. En *La Riqueza de los bosques mexicanos más allá de la madera: experiencias de comunidades rurales*. López, C., Chanfón S., Segura G. [Eds]. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (Cecadesu), Comisión Nacional Forestal, Programa de

- Desarrollo Forestal Comunitario (Procymaf II), Center for International Forestry Research (CIFOR). México 201 pp.
4. Gómez, Á. M., Gómez, J. K. L., & Cardozo, C. J. M. (2005). Licor de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) con diferentes porcentajes de pulpa. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 58(2), 2963-2973.
  5. Gutiérrez-Jiménez, L. C., González-Herrera, S. M., & Soto-Cruz, O. (2009). Desarrollo y evaluación sensorial de un licor a base de mezcal. XIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y VII Simposio Internacional de Producción de Alcoholes y Levaduras.
  6. Hornung-Leoni, C. T. (2011). Avances sobre usos etnobotánicos de las Bromeliaceae en Latinoamérica. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas Medicinales y Aromaticas*, 10(4), 297-314.
  7. Pedrero, D. L. & Pangborn, R. M.(1989). Evaluación sensorial de los alimentos: métodos analíticos. México: Alhambra Mexicana. 248 p.
  8. Pérez, P. M. (2009). Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana.
  9. Sandoval-Bucio, E. N., Flores-Cruz, M. & Martínez-Bernal A. (2004). Bromelias útiles de México. *Cactáceas Suculentas Mexicanas* 49: 100 - 115.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Perceptions sur les Conduites Dopantes dans le Sport dans la Ville de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso)**

***Clarisse Ouédraogo,***

Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologies Animales (LARESBA), Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques, Université Nazi BONI, Burkina Faso

***Samson Guenné,***

Laboratoire de Biochimie et Chimie Appliquées (LABIOCA), Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre, Université Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso

***Martin Bienvenu Somda,***

Laboratoire de Santé Animale Tropicale (LASANTROP), Institut du Développement Rural, Université Nazi BONI, Burkina Faso  
Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Subhumide (CIRDES), Burkina Faso

***Sonia Marie Blanche M'Po,***

Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologies Animales (LARESBA), Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques, Université Nazi BONI, Burkina Faso

***Issa Sidibé,***

Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Subhumide (CIRDES), Burkina Faso  
Fédération Burkinabè de Football, Burkina Faso

***Ibrahim Séré,***

Direction Générale du Centre National de Médecine du Sport, Burkina Faso  
Fédération Burkinabè de Football, Burkina Faso

***Nâg-Tiero Roland Méda,***

Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologies Animales (LARESBA), Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques, Université Nazi BONI, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n3p262](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p262)

Submitted: 08 October 2021  
Accepted: 26 December 2021  
Published: 31 January 2022

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

*Cite As:*

Ouédraogo C., Guenné S., Somda M.B., Blanche M'Po S.M., Sidibe I., Sere I., & Roland Médà N.,(2022). *Perceptions sur les Conduites Dopantes dans le Sport dans la Ville de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso)* European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 262.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n3p262>

---

## **Resume**

L'objectif de cette étude était d'évaluer les Connaissances, Attitudes et Pratiques (CAP) chez les sportifs face aux conduites dopantes dans la ville de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso. Il s'est agi d'une étude transversale, de novembre 2020 à janvier 2021, portant sur 390 sportifs de trois disciplines sportives: football, basketball, et handball. Les données ont été collectées à partir de questionnaires anonymes administrés ou auto-administrés. Au total, 73.1% (285) des sportifs ont participé à l'étude. Le sexe masculin était majoritaire, soit un sex-ratio de 2.47 et l'âge moyen des sportifs était de  $21.4 \pm 3.68$  ans. De plus, 69.12% (197) des sportifs ont déclaré avoir des connaissances sur le dopage ou sur les conduites dopantes et que les canaux privilégiés étaient les mass médias (55.79%) et les amis (10.18%). A l'issue de l'enquête CAP, 76.84% (219) ont déclaré pratiqué les conduites dopantes ( $p < 0.001$ ) et le football était de loin le sport qui favorisait ces conduites ( $p < 0.001$ ). Les conduites dopantes étaient corrélées positivement avec le sexe masculin ( $p < 0.001$ ), l'âge élevé du sportif ( $p = 0.009$ ) et son faible niveau d'instruction ( $p = 0.006$ ). Par ailleurs, les substances utilisées citées pour ces conduites étaient des produits pharmaceutiques, non pharmaceutiques et 9.82% (28) des sportifs utilisaient des plantes médicinales locales. L'amphétamine, une substance interdite, a été utilisée par 0.15% des sportifs. L'étude révèle que les participants ont une conduite dopante élevée et un manque d'information sur ces conduites. Des recommandations ont été formulées à leur regard afin de leur éviter les dangers liés au dopage.

---

**Mots clés:** Conduites dopantes, plantes médicinales locales, sport, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

## **Perceptions of Doping Behaviour in Sport in the City of Bobo-Dioulasso (Burkina Faso)**

***Clarisse Ouédraogo,***

Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologies Animales (LARESBA), Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques, Université Nazi BONI, Burkina Faso

***Samson Guenné,***

Laboratoire de Biochimie et Chimie Appliquées (LABIOCA), Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre, Université Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso

***Martin Bienvenu Somda,***

Laboratoire de Santé Animale Tropicale (LASANTROP), Institut du Développement Rural, Université Nazi BONI, Burkina Faso  
Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Subhumide (CIRDES), Burkina Faso

***Sonia Marie Blanche M'Po,***

Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologies Animales (LARESBA), Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques, Université Nazi BONI, Burkina Faso

***Issa Sidibé,***

Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Subhumide (CIRDES), Burkina Faso  
Fédération Burkinabè de Football, Burkina Faso

***Ibrahim Séré,***

Direction Générale du Centre National de Médecine du Sport, Burkina Faso  
Fédération Burkinabè de Football, Burkina Faso

***Nâg-Tiero Roland Méda,***

Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologies Animales (LARESBA), Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques, Université Nazi BONI, Burkina Faso

---

### **Abstract**

This study focuses on evaluating the Knowledge, Attitudes, and Practices (KAP) of sportsmen and women on doping behaviour in the city of Bobo-Dioulasso in Burkina Faso. It was a cross-sectional study, from November 2020 to January 2021, consisting of 390 athletes in three sports: football, basketball, and handball. The data were collected by using anonymous administered questionnaires or self-administered questionnaires. A total of 73.1% (285) of the athletes agreed to participate in the study. The majority were male, with a sex ratio of 2.47, and the mean age of the athletes

was  $21.4 \pm 3.68$  years. 69.12% (197) of the athletes also stated that they had knowledge about doping or doping behaviour, and the source of this information was from mass media (55.79%) and friends (10.18%). From the KAP survey, 76.84% (219) declared that they practised doping behaviour ( $p < 0.001$ ) and football was the sport that favoured this behaviour ( $p < 0.001$ ). Doping behaviours were positively correlated with male gender ( $p < 0.001$ ), older age ( $p = 0.009$ ), and lower education level ( $p = 0.006$ ). The substances used were pharmaceutical and non-pharmaceutical, while 9.82% (28) of the athletes used local medicinal plants. Amphetamine, an illegal substance, was used by 0.15% of the athletes. The study further reveals that participants have a high level of doping behaviour and a lack of information about these behaviours. Recommendations were formulated for them to avoid the dangers of doping.

---

**Keywords:** Doping Behaviour, Local Medicinal Plants, Sport, Bobo-Dioulasso, Burkina Fasa

## Introduction

La conduite dopante est l'utilisation des produits pour affronter un obstacle réel ou ressenti afin d'améliorer ses performances (compétition sportive, accomplissement d'une tâche au travail, préparation d'un examen, entretien d'embauche, prise de parole en public, situations sociales difficiles, etc.). Dans le monde sportif, lorsque cette pratique concerne des substances ou l'utilisation des méthodes interdites par l'agence mondiale antidopage (AMA), définies dans un texte réglementaire publié annuellement, on parle de dopage (Ouédraogo *et al.*, 2011; Bigard, 2017). Il s'agit de vieilles pratiques datant de la Grèce antique, comme en témoignent des variétés de potions et d'extraits de plantes utilisés par les athlètes olympiques afin d'améliorer leurs performances (Reardon & Creado, 2014). Il tend même à s'étendre aux étudiants et à certains milieux professionnels qui cherchent à améliorer leurs performances intellectuelles (Carton *et al.*, 2018). Depuis quelques années, le phénomène du dopage sportif est devenu un problème de santé publique (Franques *et al.*, 2001). En outre, il soulève des considérations éthiques et porte atteinte à l'intégrité physique et psychique des sportifs ; et expose l'utilisateur à de nombreux problèmes de santé (Dièye *et al.*, 2003; Audy *et al.*, 2014; Doucouré, 2020).

De nombreuses études épidémiologiques sur les conduites dopantes ont été menées dans les pays occidentaux (Williamson, 1993; Pedersen & Wichström, 2001; Schweitzer & Puig-Vergès, 2008). Selon l'agence française de lutte contre le dopage (AFDL), le taux national moyen d'analyses anormales au cours des contrôles effectués dans le milieu sportif en 2016 s'élevait à 2% (Demoulin *et al.*, 2018). En Afrique subsaharienne des études isolées ont portées pour la plupart sur les connaissances, attitudes et pratiques



(CAP) face aux conduites dopantes chez les professionnels de la santé au Cameroun (Ama *et al.*, 2002), au Sénégal (Dièye *et al.*, 2003) et au Nord de l’Ethiopie (Gebregergs Hailu *et al.*, 2021) ; chez les footballeurs en Côte d’Ivoire (Ouédraogo *et al.*, 2011) et au Cameroun (Ama *et al.*, 2002) ; chez les athlètes en Ouganda (Muwonge *et al.*, 2015) et dans le milieu sportif malien (Doucouré, 2020), etc. Peu de données scientifiques sur les conduites dopantes existent au Burkina Faso. La dernière enquête CAP date de 2010, et elle a été faite dans le monde sportif à Ouagadougou (Ouédraogo *et al.*, 2011). Ainsi, il serait important d’actualiser les données sur ces conduites dopantes au Burkina Faso et d’élargir ces enquêtes CAP à d’autres disciplines sportives et d’autres villes du pays, d’où la présente étude. Cette étude avait pour objectif principal d’évaluer les connaissances, attitudes et pratiques chez les sportifs face aux conduites dopantes, notamment l’utilisation des plantes médicinales locales, dans la ville de Bobo-Dioulasso.

## **Méthodologie**

### **1. Type D’étude Et Échantillonnage**

C’est une étude transversale à visée descriptive qui s’est déroulée dans la ville de Bobo-Dioulasso, la deuxième ville du Burkina Faso, de novembre 2020 à janvier 2021. L’étude a porté sur des sportifs de trois disciplines, le football, le basketball et le handball :

- 14 clubs au niveau du football dont 8 clubs de la première division (D1) et 6 clubs de la deuxième division (D2);
- 3 clubs au niveau du basketball ;
- 3 clubs au handball.

La taille de l’échantillon était de 390 sujets sollicités des deux sexes dont 300 footballeurs, 45 handballeurs et 45 basketteurs. Les critères d’inclusion étaient les suivantes:

- au niveau du football, le sportif en question devrait avoir une licence en cours de validité, joué pour l’équipe senior et était tiré au hasard ;
- au niveau des sports de main (handball et basketball), seuls les clubs ayant une affiliation à la fédération burkinabé du sport étaient inclus ; et le sportif devrait être dans la catégorie des séniors et était tiré au hasard.

N’ont pas été inclus dans l’étude, tout sportif ne répondant pas aux critères d’inclusion: les sportifs non compétiteurs en équipe senior et ne possédant pas de licence sportive, les sportifs absents des lieux d’enquêtes lors de notre passage et les cas de refus.

Après avoir obtenu une autorisation du Président de la Ligue Régionale des Hauts-Bassins de Football (Bobo-Dioulasso) et des responsables des sports de main, des informations ont été collectées sur les terrains d’entraînement des différents clubs à l’aide de questionnaires anonymes administrés par un enquêteur ou souvent auto-administrés sous notre direction.

Les questions étaient divisées en deux parties : la première était destinée à recueillir les données socio-démographiques des sportifs et la seconde à recueillir leurs perceptions (connaissances, attitudes et pratiques) sur les conduites dopantes.

## 2. Traitement et analyse des données

Le dépouillement des questionnaires a été manuel. Les données de l'enquête ont été ensuite saisies dans le logiciel Microsoft Excel 2013, puis exportées dans le logiciel R 4.0.4 (R core Team, 2021) pour l'analyse. La statistique descriptive a permis le calcul des proportions, des moyennes et aux tracés des graphiques (camembert, histogrammes, boxplot). Le test d'indépendance du Khi-2 a été utilisé pour les comparaisons de proportions des facteurs liés aux conduites dopantes. Par ailleurs, après avoir vérifié la normalité par le test de Shapiro-Wilk, le test de Wilcoxon a été utilisé pour vérifier s'il existait une association entre l'âge du sportif et le fait de consommer les substances dopantes. Le seuil de significativité a été fixé à 5%.

## Résultats

### 1. Caractéristiques Sociodémographiques Des Enquêtés

Au total 285 sur les 390 sportifs sollicités ont répondu au questionnaire, soit un taux de participation de 73.1%. Les répondants se déclinaient comme suit : 78.25% (223) de footballeurs, 15.44% (44) de basketteurs et 6.31% (18) de handballeurs. Le sexe majoritaire était le sexe masculin, 71.22% (203) d'hommes contre 28.78% (82) de femmes, soit un sex-ratio de 2.47. L'âge moyen a été de  $21.4 \pm 3.68$  ans et la tranche d'âge la plus représentée était celle comprise entre 20 et 30 ans, soit 65.61%. Le niveau d'étude primaire dominait avec 41.75% (119) des sportifs, suivi des niveaux secondaire et supérieur, soit 33.33% (95) et 27.52% (71) respectivement. Parmi les footballeurs, 50.67% (175) étaient issus de la première division (D1) et 49.33% (170) en deuxième division (D2) (Tableau I). Les autres répondants basketteurs et handballeurs évoluaient en D1.

**Tableau I.** caractéristiques sociodémographiques des sportifs enquêtés

Caractéristiques	Football (n=223)		Basketball (n=44)		Handball (n=18)		Total (n=285)	
	n	%	n	%	n	%	N	%
<b>Sexe</b>								
<i>Hommes</i>	153	68.61	38	81.82	14	77.78	203	28.78
<i>Femmes</i>	70	31.39	06	18.18	04	22.22	82	71.22
<b>Age</b>								
<20	77	34.53	17	38.64	00	00	94	32.98
[20-30]	144	64.53	25	56.82	18	100	187	65.61
>30	02	0.94	02	4.54	00	00	04	1.40
<b>Niveau d'étude</b>								
<i>Primaire</i>	117	52.47	02	4.55	00	00	119	41.75

<i>Secondaire</i>	77	33.53	16	36.36	02	11,11	95	33.33
<i>Supérieur</i>	29	13	26	59.09	16	88.89	71	24.91
<b>Division</b>								
<i>D1</i>	113	50.67	44	100	18	100	175	61.40
<i>D2</i>	110	49.33	00	00	00	00	110	38.60
<b>Total</b>	223	78.25	44	15.44	18	6.31	285	100

n : effectif des répondants

## 2. Connaissances des sportifs sur les conduites dopantes

Les résultats de l'enquête montrent que 69.12% (197) des sportifs ont déjà entendu parler du dopage ou des conduites dopantes. Leurs sources d'information sont les suivants : la majorité par les mass médias (télévision, radio) (55.79%), les amis (10.18%), lors d'une formation (4.56%) ou par le biais des entraîneurs (1.57%). De plus, dans cette étude, 10.18% (29) des enquêtés ont déclaré connaître les dangers liés au dopage. Les dangers couramment cités étaient les ulcères, les maladies rénales, le cancer, les insomnies, etc.

## 3. Attitudes et pratiques des sportifs face aux conduites dopantes

### 3.1. Pratiques des conduites dopantes chez les sportifs

Sur les 285 sportifs enquêtés, 219 ont déclaré avoir eu recours aux conduites dopantes au moins une fois, soit 76.84% et 66 qui ne se sont jamais dopés, soit 23.16% (Figure 1). Ainsi un nombre significativement élevé de sportifs déclarent avoir consommé des substances dopantes dans la présente étude (test de Khi-2 ;  $\chi^2=162.13$  ;  $df=1$  ;  $p<0.001$ ). De plus, les sportifs qui ont un niveau d'étude inférieur à l'université étaient significativement plus enclins aux conduites dopantes (test de Khi-2 ;  $\chi^2=10.20$  ;  $df=2$ ,  $p=0.006$ ).

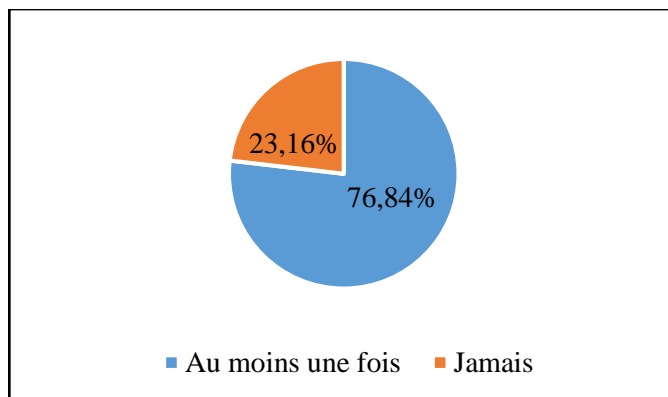


Figure 1. proportion de recours aux conduites dopantes dans la population étudiée

### 3.2. *Pratiques des conduites dopantes des sportifs par discipline sportive*

L'enquête a montré que 86.76% (190) des sportifs ayant recours à des produits dopants pratiquent le football, 9.13% (20) le basketball et 4.11% (9) le handball (Figure 2). Le football était de façon significative, le sport favorisant les conduites dopantes (test de Khi-2 ;  $\chi^2= 40.405$  ;  $df=2$  ;  $p<0.001$ ).

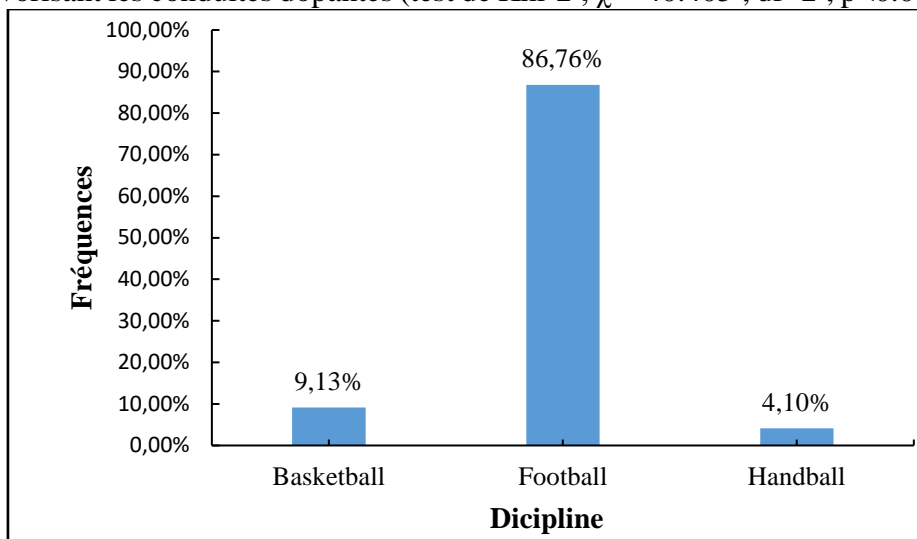
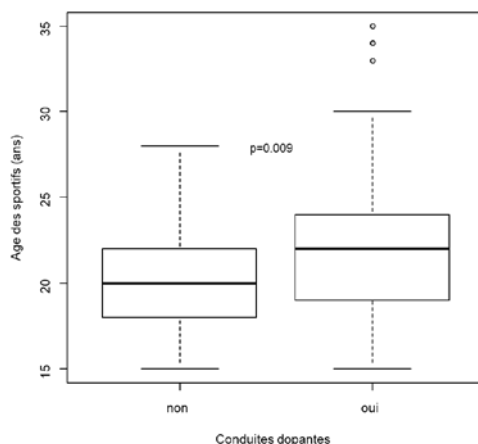


Figure 2. répartition selon la pratique des conduites dopantes par discipline sportive

### 3.3. *Pratiques des conduites dopantes des sportifs par sexe et par âge*

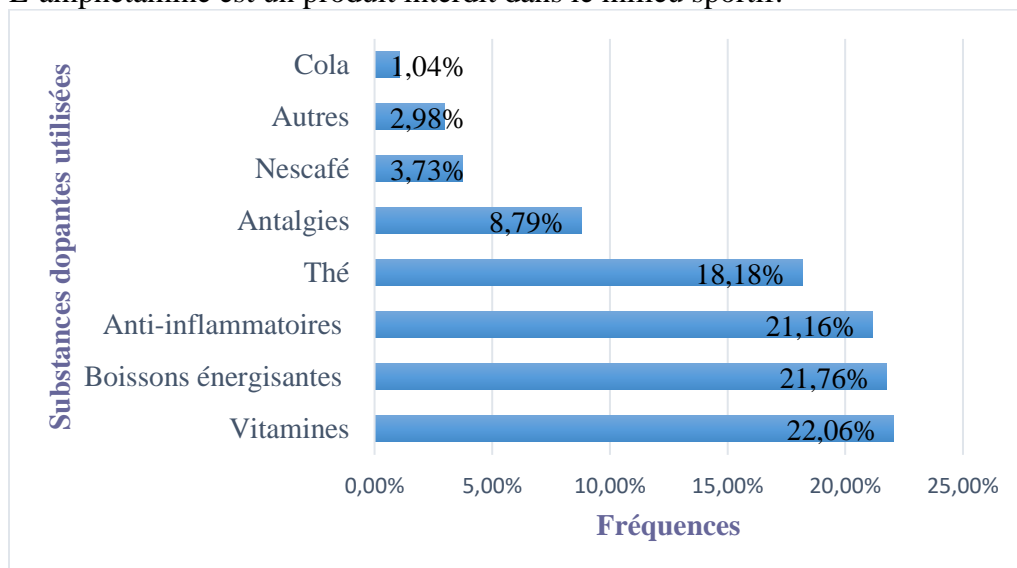
Sur les 219 sportifs qui consomment des substances, on a 162 hommes soit 73.97% et 57 femmes soit 26.03% de cet effectif total. Le Test de Khi-2 montre une corrélation statistiquement significative entre la consommation des substances dopantes et le sexe (test de Khi-2 ;  $\chi^2=98.78$  ;  $df=1$  ;  $p<0.001$ ). Par ailleurs, les résultats ont souligné que quand l'âge du sportif augmente, il est significativement plus vulnérable dans la prise des substances dopantes (test de Wilcoxon ;  $W=5693.5$  ;  $p=0.009$  ; Figure 3).



**Figure 3.** lien entre l'âge du sportif et la consommation des substances dopantes

### 3.4. Substances dopantes utilisées par les sportifs

Au total, une liste de 20 substances a été soumise aux sportifs lors de l'enquête. Celles utilisées dans les trois disciplines sportives enquêtées à Bobo-Dioulasso, ont été en ordre décroissant de pourcentages de citations : les vitamines (22.06%), les boissons énergisantes (21.76%), les anti-inflammatoires (21.16%), le thé (18.18%), les antalgiques (8.79%), le nescafé (3,73%), les autres substances ne figurant pas sur la liste (2.98%), la cola (1.04%), l'amphétamine (0.15%) et l'anti-asthmatique (0.15%) (Figure 4). L'amphétamine est un produit interdit dans le milieu sportif.



**Figure 4.** proportions des substances dopantes utilisées par les sportifs

L'enquête révèle aussi que certaines substances sont plus prisées par les femmes que les hommes à savoir les anti-inflammatoires (24.42%), les antalgiques (7.32%), le nescafé (2.89%) et les boissons énergisantes ou les sucreries (21.19%).

Par ailleurs, l'étude a montré que 9.82% (28) des sportifs utilisent des plantes médicinales locales qui sont susceptibles d'améliorer leurs performances. La Figure 5 fait un répertoire de ces plantes locales citées, qui sont au nombre de 21. *Citrus limon* (17.14%), *Carica papaya* (11.43%), *Manguifera indica* (8.57%) et *Garcinia kola* (8.57%), sont les quatre plantes qui ont eu plus de citations.

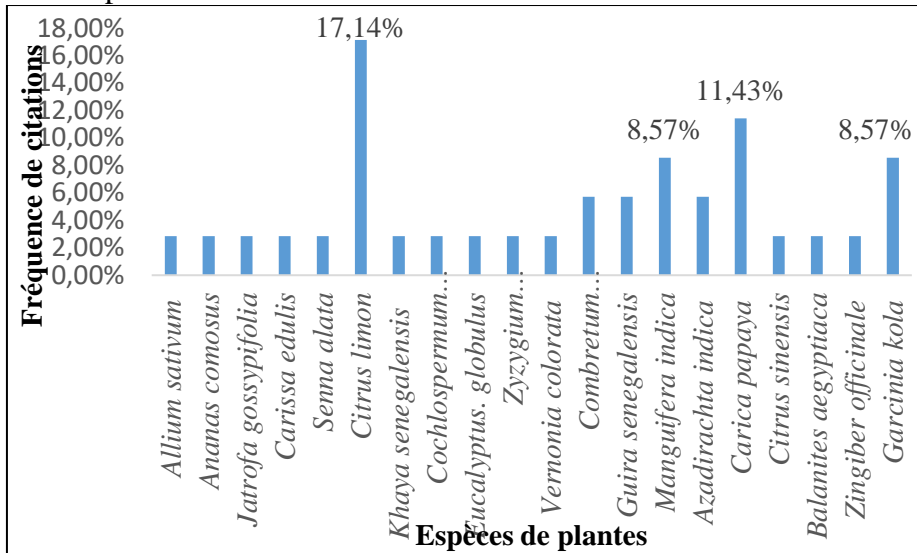


Figure 5. plantes médicinales locales utilisées par les sportifs

#### 4. Autres facteurs liés aux conduites dopantes

Les résultats de l'enquête ont révélé que 58.25% (128) des sportifs ont déclaré utiliser des substances dans le but de combattre la fatigue et la douleur, 15.79% (35) pour augmenter leur endurance et 2.8% (6) pour diminuer le stress. Les produits médicamenteux utilisés par ces sportifs étaient souvent prescrits par le soigneur du club (24.56%), certains s'en procuraient grâce aux amis (4.8%), parents (4.40%) ou par automédication directement en pharmacie (66.24%).

#### Discussion

Pour des raisons techniques et financières, des questionnaires ont été utilisés dans cette étude, qui est l'une des méthodes la plus courante (Laure, 2001). Certaines études évoquent des analyses des fluides biologiques comme l'urine ou le sang (Ouédraogo *et al.*, 2011). Nous nous sommes intéressés à trois disciplines sportives parmi les plus pratiquées au Burkina Faso: le

football, le basketball et le handball. Le taux de participation des sportifs à l'étude était de 73.1%, cela s'expliquerait par le fait que certains sportifs n'étaient pas présents aux entraînements pour remplir les questionnaires. Ce taux est acceptable car se situant dans les marges généralement constatées lors d'autres études épidémiologiques sur les conduites dopantes (Laure, 2000; Ouédraogo *et al.*, 2011; Chaoui, 2011; Tromeur, 2019). L'étude a montré une dominance du sexe masculin (71.22%) dans le milieu sportif avec un sex-ratio de 2.47 similaire à celui de Doucouré (2020) au Mali. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le sport est plus pratiqué par les hommes au Burkina Faso, surtout pour ce qui est du football. Ainsi selon Pillard *et al.* (2002), la pratique sportive du sexe féminin diminuerait avec l'âge.

La population sportive amatrice de Bobo-Dioulasso est relativement jeune et peu instruite. En effet, leur âge moyen était de  $21.4 \pm 3.68$  ans et 41.75% avaient le niveau primaire. Un tel profil, doublé au manque d'informations justes sur les conduites dopantes dans le sport les rendraient en partie vulnérables à toute tentation de se doper. Ces résultats complètent ceux obtenus par Ouédraogo *et al.* (2011) au Burkina Faso, Choui (2011) au Maroc, qui ont mené des études similaires. La proportion des sportifs ayant déclaré s'être dopée au moins une fois, est de 76.84% et était significativement plus élevée ( $p < 0.001$ ) dans l'étude. De plus, l'enquête CAP révèle que la pratique dopante était plus élevée dans le football que dans les autres disciplines sportives ( $p < 0.001$ ); elle semblait être corrélée positivement avec le sexe masculin ( $p < 0.001$ ), l'âge élevé du sportif ( $p = 0.009$ ) et le faible niveau d'instruction ( $p = 0.006$ ). Ainsi la principale raison avancée par ces 76.84% sportifs sujets à la conduite dopante était d'accroître leurs performances sportives, en combattant la fatigue, la douleur et le stress. Les footballeurs étaient les plus vulnérables à la conduite dopante, et cela pourrait être dû à la durée de l'exercice (2 heures minimum par jour), à sa fréquence (au moins 5 fois par semaine) et à son intensité; mais aussi à l'attraction pour des contrats bien rémunérés dans le contexte burkinabè. En général dans les sports de main, les périodes propices pour sa pratique restent les week-ends et les vacances scolaires car la majorité des joueurs est scolarisée. Chaoui (2011) avait souligné dans son étude, une association entre la fréquence et l'intensité du sport et les conduites dopantes. Par ailleurs, Ouédraogo *et al.* (2011) avaient montré dans leur enquête CAP que le cyclisme était la discipline où le taux d'utilisation des substances dopantes était le plus élevé par rapport au football et l'athlétisme, car ces derniers soulignaient son rôle bénéfique dans l'augmentation de leurs performances.

Les substances citées par les sportifs sont majoritairement des produits non médicamenteux: thé, cola, nescafé et boissons énergisantes (xxl, taurine, jus...). Nous avons aussi le menthol et le baume de nerf qu'ils utilisaient pour le massage des muscles. De plus, ces sportifs ont déclaré utiliser des produits

médicamenteux non interdits: les antalgiques (Efferalgan codéine® contenant du paracétamol et de la codéine), des anti-inflammatoires non stéroïdiens (ibuprofène, diclofénac, diclodenk, dinapar comprimé et gel) et des complexes vitaminiques (CaC1000®). Quelquefois ces médicaments étaient prescrits par le soigneur du club (24.56%) et pour la plupart du temps, ces sportifs ont affirmé pratiquer l'automédication (75.44%). Ces résultats corroborent ceux de Ouédraogo *et al.* (2011) par rapport à la liste de la plupart de ces substances dopantes. En plus de ces substances, certains sportifs ont reconnu utilisé des décoctions de plantes médicinales locales susceptibles d'améliorer leurs performances. Les plantes les plus incriminées étaient *Citrus limon* (17.14%), *Carica papaya* (11.43%), *Manguifera indica* (8.57%) et *Garcinia kola* (8.57%). Ainsi selon des études faites sur certaines de ces plantes, elles ont des propriétés anti-inflammatoires, anxiolytiques, antalgiques et antidépresseurs (Mpondo *et al.*, 2012; Nga *et al.*, 2017; Idris *et al.*, 2020). Nous avons enregistré 0.15% des sportifs qui avait affirmé déjà utilisé l'amphétamine qui est un produit interdit. Cette proportion est plus faible par rapport à celles rapportées dans la littérature. Ainsi, des auteurs tels que Chaoui (2011) au Maroc avait trouvé un taux de 7.4% et Doucouré (2020) au Mali soulignait un taux de 8.9%. Cette différence pourrait s'expliquer par la non connaissance et l'accessibilité de ces produits interdits. Par contre la culture d'utilisation de substances interdites ne semble pas heureusement être encore connue dans le milieu sportif du Burkina Faso. Cela pourrait s'expliquer par des enjeux économiques au vu de la non-professionnalisation du sport burkinabè (Ouédraogo *et al.*, 2011).

Les données de l'enquête CAP ont montré que 69.12% des sportifs connaissent et ont déjà entendu parler du dopage. Les sources d'informations énumérées étaient de divers ordres : le canal des mass médias (55.79%), lors d'une formation (4.56%) et les coéquipiers (10.18%). Ces résultats sont transposables aux travaux de Ouédraogo *et al.* (2011) qui avaient obtenus 82%, 6%, et 9%, respectivement par ces mêmes circuits de communication. Selon certains auteurs, le manque de formation pourrait rendre plus vulnérables les sportifs aux dopages (Goldberg *et al.*, 1996; Laure & Lecerf, 1999). Les méfaits des conduites dopantes les plus citées par ces sportifs Burkinabè étaient les ulcères, les maladies rénales, les insomnies, le cancer, etc. Les sportifs peuvent généralement accepter ces impacts négatifs sur leur santé comme le prix à payer pour accroître leurs performances (Ouédraogo *et al.*, 2011).

## Conclusion

Les résultats de l'enquête CAP révèlent une conduite dopante élevée (76.84%) chez les sportifs de Bobo-Dioulasso et un manque d'information sur ces conduites. Cette pratique est plus déclarée dans le milieu du football avec



une proportion de 86.76%, chez les sportifs âgés et chez les hommes. Une variété de produits étaient cités être utilisés, allant des boissons énergisantes aux produits médicamenteux procurés par automédication. De plus, certains sportifs ont déclaré utiliser aussi des plantes médicinales locales. Bien que le taux d'utilisation des produits interdits soit de 0.15%, cela n'exclut pas une tentation chez ces sportifs pour aller vers le dopage. Pour ce faire, les ligues régionales de ces différentes disciplines sportives devraient :

- informer et sensibiliser les sportifs sur le dopage et leurs dangers pour la santé ;
- assurer un suivi médical régulier des sportifs ;
- encourager les entraîneurs et les dirigeants de clubs à parler davantage du danger du dopage avec les sportifs.

Comme perspectives, il serait intéressant d'élargir la zone d'étude ainsi que les disciplines sportives, et faire des prélèvements sanguins ou d'urine pour avoir des résultats plus approfondis sur les conduites dopantes au Burkina Faso.

### **Conflit d'intérêt**

Les auteurs déclarent qu'ils n'existent aucun conflit d'intérêt.

### **Remerciements**

Nous remercions le Ministère des Sports et des Loisirs du Burkina Faso, la Fédération Burkinabè de Football, la Ligue Régionale des Hauts-Bassins de Football, les responsables des sports de main (Basketball et Handball), les dirigeants et les entraîneurs des clubs de la ville de Bobo-Dioulasso, et les différents sportifs qui ont été enquêtés, pour nous avoir facilité la réalisation de cette étude.

### **References:**

1. Ama, P. F. M., Ama, V. J., Kamga, J. P., Sato, G., & Laure, P. (2002). Dopage et sport : connaissances et attitudes des pharmaciens de la ville de Yaoundé. *Science & Sports*, 17(3),135-139. [https://doi.org/10.1016/s0765-1597\(02\)00132-6](https://doi.org/10.1016/s0765-1597(02)00132-6)
2. Audy, M.H., Piché, G., & Aimé, A. (2014). Le phénomène du dopage sportif chez les athlètes adolescents : une synthèse des caractéristiques associées et des stratégies préventives. *Revue de psychoéducation*, 43(1), 101–119. <https://doi.org/10.7202/1061202ar>
3. Bigard, X. (2017). Les conduites à risques des enfants et adolescents vis-à-vis du dopage sportif. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 65(7), 442-447. <https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2017.05.008>

4. Carton, L., Cabé, N., Ménard, O., Deheul, S., Caous, A. S., Devos, D., Cottencin, O., & Bordet, R. (2018). Dopage cognitif chez les étudiants : un moyen chim(ér)ique de s'en mettre plein la tête? *Therapies*, 73(4), 319-329. <https://doi.org/10.1016/j.therap.2017.10.006>
5. Chaoui, A. (2011). *Enquête sur la supplémentation et dopage en milieu sportif de la région de Marrakech* [Thèse en médecine, Université Cadi Ayyad]. <http://wd.fmpm.uca.ma/biblio/theses/annee-hm/FT/2011/these78-11.pdf>
6. Demoulin, R., Poyet, R., Capilla, E., Tortat, A. V., Pons, F., Brocq, F. X., Druelle, A., Jego, C., Foucault, G., & Cellarier G.R. (2018). Complications cardiovasculaires des produits dopants. *Annales De Cardiologie Et D'angiologie*, 67(5), 365-369. <https://doi.org/10.1016/j.ancard.2018.08.015>
7. Dièye, A. M., Ndiaye, M., Ndiaye, M., Kane, M.O., Diop, B. M., & Faye, B. (2003). Pharmaciens d'officine et dopage sportif : enquête sur les connaissances et les attitudes au niveau de la région de Dakar au Sénégal. *Science & Sports*, 18(2), 104-107. [https://doi.org/10.1016/S0765-1597\(02\)00050-3](https://doi.org/10.1016/S0765-1597(02)00050-3)
8. Doucouré, M. L. (2020). *Dopage dans le milieu sportif malien : état des lieux et perspectives* [Thèse en médecine, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako]. <https://www.bibliosante.ml/bitstream/handle/123456789/3932/20M166.pdf>
9. Duclos, M. (2005). Les effets du dopage sur la fonction de reproduction. *Science & Sports*, 20(5-6), 247-55. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2005.04.002>
10. Franques, P., Auriacombe, M., & Tignol, J. (2001). Sport, dopage et addictions : délimitations conceptuelles et approche épidémiologique à partir des données de la littérature. *Annales de médecine interne*, 20(7), 2S37-2S49. [https://www.researchgate.net/publication/285827657\\_Sport\\_dopage\\_et\\_addictions\\_Dlimitations\\_conceptuelles\\_et\\_approche\\_pidmiologique\\_partir\\_des\\_donnes\\_de\\_la\\_littérature](https://www.researchgate.net/publication/285827657_Sport_dopage_et_addictions_Dlimitations_conceptuelles_et_approche_pidmiologique_partir_des_donnes_de_la_littérature)
11. Gebregergs Hailu, H., Gobezie, M. Y., Tuha, A., Mulugeta, R., & Mohammed, S. A. (2021). Doping Knowledge, Attitude and Practice of Pharmacists in Dessie, Northeast Ethiopia. *Integrated Pharmacy Research and Practice*, 10, 43-50. <https://doi.org/10.2147/IPRP.S311204>
12. Goldberg, L., Elliot, D., Clarke, G. N., Mackinnon, D. P., Moe, E., Zoref, L., Green, C., Wolf, S. L., Greffrath, E., Miller, D. J., & Lapin, A. (1996). Effects of a multidimensional anabolic steroid prevention intervention. The Adolescents Training and Learning to Avoid

- Steroids (ATLAS) Program. *The Journal of the American Medical Association*, 276(19),1555-62.  
<https://doi.org/10.1001/jama.276.19.1555>
13. Idris, A. E., Seke Etet, P. F., Saeed, A. A., Farahna, M., Satti, G. M. H., Alshammari, S. Z., & Hamza, M. A. (2020). Evaluation of metabolic, antioxidant and anti-inflammatory effects of *Garcinia kola* on diabetic rats. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(12), 3641-3646. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.08.006>
  14. Laure, P. (2000). *Dopage et société*. Cahiers de l'INSEP (p. 55-62). Paris, France : Ellipses.
  15. Laure, P. (2001). Épidémiologie du dopage. *Immuno-analyse & Biologie Spécialisée*, 16,96-100.
  16. Laure, P. & Lecerf, T. (1999). Prévention du dopage sportif chez les adolescents: à propos d'une action évaluée d'éducation pour la santé. *Archives de Pédiatrie*, 6,849-54. <https://www.em-consulte.com/article/23904/fr%5Eprevention-du-dopage-sportif-chez-les-adolescen>
  17. Mpondo, M. E., Dibong, D. S., Yemeda, C. F. L., Priso, R. J., & Ngoye, A. (2012). Les plantes à phénols utilisées par les populations de la ville de Douala. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 15(1), 2083-2098. <http://m.elewa.org/JAPS/2012/15.1/2.pdf>
  18. Muwonge, H., Zavuga, R., & Kabenge, P. A. (2015). Doping knowledge, attitudes, and practices of Ugandan athletes: A cross-sectional study. *Substance Abuse Treatment, Prevention, and Policy*, 10(37). <https://doi.org/10.1186/s13011-015-0033-2>
  19. Nga, E. N., Yinyang, J., Baran à Bidias, E., Etame-Loe, G., & Dibong, S. D. (2017). Étude phytochimique et pharmacologique d'*Alchornea cordifolia* (Schum. & Thonn.) Mull. Arg. et de *Mangifera indica* dans le traitement traditionnel de la maladie hémorroïdaire. *Journal of Applied Biosciences*, 109(1), 10649-10661. <https://doi.org/10.4314/jab.v109i1.9>
  20. Ouédraogo, M., Gombria, W. B. F., Ouédraogo, M., Liliou, A. F., & Guissou, I.P. (2011). Conduites dopantes dans le sport au Burkina Faso : connaissances, attitudes et pratiques, *Science & Sports*, 26(1), 25-31. <https://doi.org/10.1016/J.SCISPO.2010.09.004>
  21. Pedersen, W. & Wichström, L. (2001). Adolescents, doping agents, and drug use: a community study. *Journal of Drug Issues*, 31(2),517-541. <https://doi.org/10.1177/002204260103100208>
  22. Pillard, F., Grosclaude, P., Navarro, F., Godeau, E., & Rivière, D. (2002). Pratique sportive et conduite dopante d'un échantillon représentatif des élèves de Midi-Pyrénées. *Science & Sports*, 17(1), 8-16. [https://doi.org/10.1016/S0765-1597\(01\)00106-X](https://doi.org/10.1016/S0765-1597(01)00106-X)

23. R Core Team (2021). *A language and environment for statistical computing* (Version 4.0.4). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
24. Reardon, C. L. & Creado S. (2014). Drug abuse in athletes. *Substance Abuse and Rehabilitation*, 5, 95-105. <https://doi.org/10.2147/SAR.S53784>
25. Schweitzer, M. G. & Puig-Vergès, N. (2008). Dopage, limites et transgression, rapports à l'individuel, à l'institutionnel et au juridique. *Annales Médico-Psychologiques*, 166, 858-86. <https://doi.org/10.2147/SAR.S53784>
26. Tromeur, Y. (2019). *Conduites dopantes: enquête sur le dopage intellectuel auprès des étudiants en santé de Rouen* [Thèse en pharmacie, Université de Rouen Normandie]. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02279235>
27. Williamson, D. (1993). Anabolic steroid use among students at a British college of technology. *British Journal of Sports Medicine*, 27(3): 200-1. <https://doi.org/10.1136/bjism.27.3.200>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Evaluation De La Diversité Phénologique Et Morphologique De Neuf Variétés De Piment (*Capsicum Spp.*) Cultivées Dans La Région Du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire)**

***Akaza Moroh Joseph,  
Goré Bi Boh Nestor,  
Anzara Gnigouan Kadio Guy Roland,  
Siniyobo Issa***

Laboratoire d'amélioration de la production agricole,  
UFR Agroforesterie,  
Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n03p278](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n03p278)

Submitted: 25 August 2021

Accepted: 17 December 2021

Published: 31 January 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Akaza M. J., Goré B. B. N., Anzara G. K. G. R. & Siniyobo I. (2022). *Evaluation de la diversité phénologique et morphologique de neuf variétés de piment (*Capsicum spp.*) cultivées dans la région du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (3), 278.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n03p278>

### **Resume**

La connaissance des caractéristiques des ressources génétiques est nécessaire pour une utilisation efficace. Or les piments cultivés dans la région du Haut-Sassandra, en Côte d'Ivoire sont insuffisamment caractérisés. Pour déterminer leur diversité phénologique et morphologique, neuf variétés cultivées dans cette région ont été caractérisées à partir de huit paramètres quantitatifs dans un essai en blocs aléatoires complets de neuf traitements avec trois répétitions. Les analyses ont mis en évidence des groupes de variétés aux caractéristiques opposées. Ainsi, une variété, avec le délai de germination le plus court (5 jours), la hauteur de plante la plus élevée (23 cm), la meilleure croissance latérale, la densité du feuillage la plus grande et la surface foliaire la plus faible (11,62 cm<sup>2</sup>), s'est nettement distinguée des autres. Aussi, avec un long délai de germination (8 à 9 jours), des plantes de plus faibles diamètres et hauteurs (15 à 16 cm), des surfaces foliaires, des nombres de ramifications, des longueurs de ramification la plus développée, des envergures de frondaison et densités de feuillage moyens, quatre variétés se sont distinguées

des quatre autres variétés présentant des valeurs de paramètres intermédiaires. Les neuf variétés de piment étudiées présentent une importante diversité liée à la germination, la hauteur de plante et la surface foliaire. Les caractéristiques de certaines variétés ont été semblables. Il ressort de ces résultats que la diversité en sein des piments est efficacement mise en évidence avec le délai de germination, la hauteur de la plante, la surface foliaire et peut être exploitée en sélection.

---

**Mots clés:** Piment (*Capsicum* spp.), diversité morphophénologique, Haut-Sassandra, Côte d'Ivoire

## **Assessment of the Phenological and Morphological Diversity of Nine Pepper Varieties (*Capsicum* spp.) Cultivated in the Haut-Sassandra Region (Côte d'Ivoire)**

*Akaza Moroh Joseph,  
Goré Bi Boh Nestor,  
Anzara Gnigouan Kadio Guy Roland,  
Siniyobo Issa*

Laboratoire d'amélioration de la production agricole,  
UFR Agroforesterie,  
Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

Knowledge of the characteristics of genetic resources is necessary for efficient use. However, the peppers cultivated in the Haut-Sassandra region, of Côte d'Ivoire, are insufficiently characterized. To determine their phenological and morphological diversities, nine varieties grown in this region were characterized using eight quantitative parameters in a complete randomized blocks trial of nine treatments with 3 replicates. The analyses revealed groups of varieties with opposite characteristics. Thus, one variety, with the shortest germination time (5 days), the highest plant height (23 cm), the best lateral growth, the largest foliage density and the lowest leaf area (11.62 cm<sup>2</sup>) stood out clearly from the others. Also, four varieties, with a long germination time (8 to 9 days), plants of smaller diameters and heights (15 to 16 cm), average leaf areas, numbers of branches, length of the most developed branch, canopy size and foliage density differed from the other four varieties with intermediate parameter values. The nine varieties of chilli studied show significant diversity linked to germination, plant height and leaf surface. The characteristics of some varieties are similar. As a consequence of these results,

the diversity within peppers is effectively revealed with time to germination, plant height, area of leaf and is to be exploited in breeding.

---

**Keywords:** Pepper (*Capsicum* spp.); Morphophenological diversity, Haut-Sassandra Region, Côte d'Ivoire

## Introduction

Le piment est, actuellement, une culture de grandes exploitations destinée à l'alimentation ordinaire traditionnelle, à l'industrie alimentaire et pharmaceutique. Son utilisation vient de son principe piquant lié à la capsaïcine et de sa richesse en éléments minéraux et en vitamines A et C (Eching El-Ghoraba *et al.*, 2013). Ses racines, ses feuilles et ses fruits sont consommés en légumes ou condiments. En Côte d'Ivoire, selon Kouassi et Koffi-Nevry (2012), le piment est consommé quotidiennement à 87 % par les hommes et 97,16 % par les femmes. Il est aussi utilisé en médecine traditionnelle (Koffi-Nevry *et al.*, 2012). Dans l'industrie pharmaceutique, il est exploité pour ses propriétés anti-oxydantes et antibiotiques (Koffi *et al.*, 2014 ; Kouassi *et al.*, 2016).

Par ailleurs, le piment est l'une des cultures de diversification des exportations agricoles en Côte d'Ivoire, du fait de son prix qui est de plus en plus attractif.

Toutefois, la production du piment est limitée par de nombreux facteurs, notamment les attaques des ravageurs (Akesse *et al.*, 2015), les maladies (Konaté & Traoré, 1999 ; Fondio *et al.*, 2016), la sécheresse et la réduction de la fertilité des sols agricoles. Pour faire face à cette situation, plusieurs variétés et lignées dites sélectionnées sont introduites en Côte d'Ivoire. La recherche locale, à son tour, a sélectionné parmi ces variétés et lignées dites sélectionnées, celles les mieux adaptées aux conditions locales de pratiques agricoles et, par conséquent, qualifiées de variétés et lignées ivoiriennes. Ainsi, certaines de ces variétés et lignées ivoiriennes évoluent selon des zones culturelles spécifiques (soit forêt, soit savane) (CNRA, 2019). Cela découle de la diversité agro-morphologique considérable potentiellement exploitable en sélection (Sangare *et al.*, 2009).

Par ailleurs, en termes de piment, Kouassi et Koffi-Nevry (2012) ont identifié sur les marchés d'Abidjan six variétés alors que le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) a publié six lignées et un cultivar local (CNRA, 2019). Il en découle ainsi que, en Côte d'Ivoire, il existerait encore des variétés de piment qui ne sont pas connues. Ce qui sous-entend que les stratégies ou schémas de sélection vis-à-vis du piment sont moins efficaces. Ainsi, l'objectif de la présente étude était de déterminer la diversité phénologique et morphologique de neuf variétés de piment dans la région du Haut-Sassandra.



## 1. Matériel et méthodes

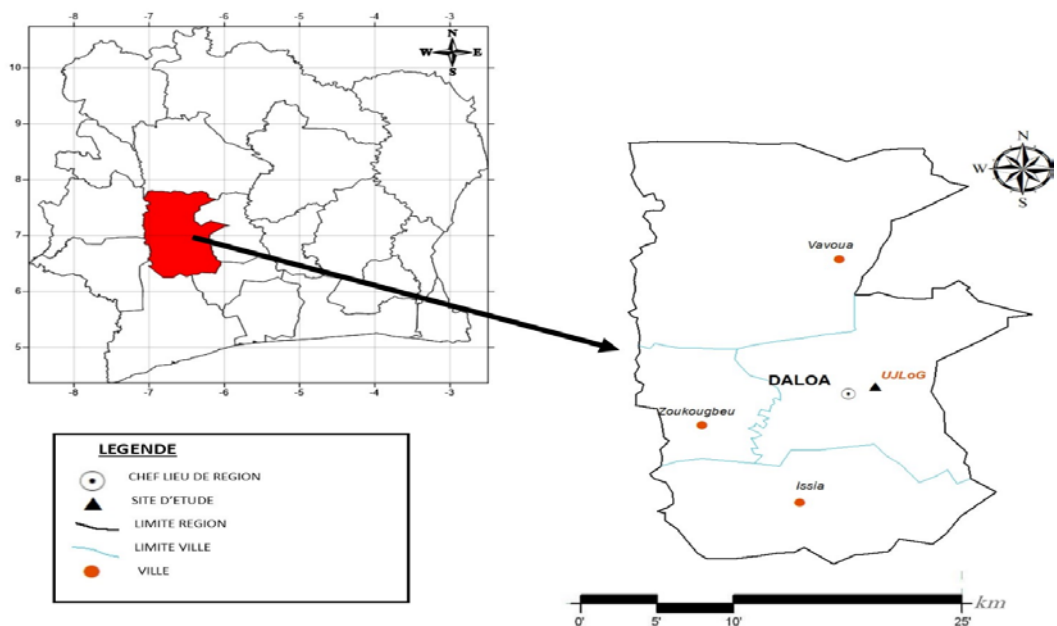
### 1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal étudié était constitué de 405 plantes de neuf variétés de piment cultivées dans la région du Haut-Sassandra, à raison de 45 plantes par variété. Ces variétés sont *Bec d'oiseau*, *Gros-Gros*, *Fros-Gros Ferké*, *Inconnu*, *Jaune-Jaune*, *Petit de Gros-Gros*, *Piment baoulé*, *Sen bon* et *Sen bon africain*.

### 1.2. Méthodes

#### 1.2.1. Zone d'étude

Les variétés de piment étudiées ont été collectées dans les quatre départements (Daloa, Issia, Vavoua et Zoukougbeu) de la région du Haut Sassandra au Centre - Ouest de la Côte d'Ivoire (Figure 1). Cette région est située entre 6° et 7° de latitude Nord et 7° et 8° de longitude Ouest.



**Figure 1.** Carte de la Côte d'Ivoire avec indication des départements de collecte des variétés de piment étudiées

Le climat est de type tropical humide avec deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches (N'Guessan *et al.*, 2014). La pluviométrie annuelle oscille entre 1200 et 1600 mm. Les précipitations sont réparties sur toute l'année avec un maximum en juin et juillet et un minimum entre décembre et mars. La température moyenne annuelle varie de 24,65 à 27,75 °C (Ayolié *et al.*, 2016). Les sols sont majoritairement ferralitiques typiques, allant de moyennement à



faiblement dénaturés. Ils sont très profonds (20 m) et riches en matière organique (Soro *et al.*, 2015). La région est majoritairement couverte de forêt semi-décidue, et de savanes herbeuses et arbustives.

### **1.2.2. Collecte des différentes variétés de piment**

Des fruits mûrs et frais ont été collectés lors d'un seul passage, en septembre 2019, sur les marchés où le piment est rencontré notoirement avec une diversité morphologique potentielle. Ils ont été conservés dans des seaux en plastique pendant 10 jours dans une petite chambre. Ce processus avait pour objectif de parachever la maturation physiologique des graines favorisant ainsi leur germination et la vigueur ultérieure des plantules (Segnou *et al.*, 2012a). Les graines, issues d'égrainage des fruits, ont été séchées au soleil pendant une journée et conservées dans un endroit frais.

### **1.2.3. Caractéristiques climatiques du site expérimental**

L'essai expérimental a été installé sur le site expérimental de l'Université Jean Lorougnon Guédé à Daloa. En cette année 2019, la pluviométrie a été de 246,63 mm, la température de 26,32°C et l'humidité atmosphérique moyennes a atteint 82,75.

### **1.2.4. Mise en place de l'essai**

#### **Pépinière**

La pépinière a été réalisée, d'octobre à décembre 2019. Les graines de chaque variété, après avoir été sélectionnées par suite de test de flottaison, ont été semées à raison de 5 par trou, sous une ombrière de 80 cm de haut, construite à l'aide de palmes. Un arrosage quotidien à l'eau ordinaire a été assuré. Le démariage à deux plantules a été effectué 14 jours après le semis. L'ombrière a été enlevée progressivement à partir du 15<sup>e</sup> jour après semis jusqu'à ce qu'elle ait été totalement éliminée sept jours avant le repiquage.

#### **Préparation de la parcelle expérimentale**

Pour la mise en place de l'expérimentation, 27 billons de 7,5 m de long, 0,30 m de large et 0,30 m de haut ont été réalisés sur une parcelle défrichée. L'écartement entre ces billons a été de 0,8 m. Une bordure de 1 m de large a été établie. Ainsi, la parcelle expérimentale est de 8,4 m de large et 24,5 m de long, soit une superficie de 205,8 m<sup>2</sup>.

#### **Repiquage des plantules issues de la pépinière**

Des plantules choisies au hasard en pépinière ont été transplantées sur les billons, 45 jours après semis, suivant un dispositif en blocs de Fisher (blocs aléatoires complets) (Dagnelie, 2000) de neuf traitements en trois répétitions. Les blocs ont été distancés de 1 m. Chaque bloc comportait 9 billons

représentant, au hasard, chacune des neuf variétés. Chaque billon a porté 15 plantes de la même variété à intervalle de 0,5 m, soit 135 plantes par bloc et 405 plantes sur les trois blocs de l'essai.

### **Entretien de la parcelle**

Un arrosage quotidien (matin et soir) à l'eau ordinaire et un désherbage manuel, une fois toutes les deux semaines, ont été assurés jusqu'à la fin de l'expérience.

#### **1.2.5. Collecte des données**

Les données collectées ont concerné la germination des semences et les paramètres morphologiques de croissance et de développement des plantes. Pour la germination des semences, le délai (Dger) et le taux (Tger) ont été considérés. Concernant les paramètres morphologiques, les variables observées et mesurées à la floraison sur chacune des 405 plantes ont été le diamètre au collet (DiaC), la hauteur de la plante (HauP), le nombre de ramifications de la tige principale (Nram), la longueur de la ramification la plus développée (LonRD), l'envergure de la frondaison (EnvFron), la surface foliaire (SurFo) et la densité du feuillage (DenFeu). Cette densité est notée sur une échelle allant de 1 à 3, avec 1 = faible densité, 2 = densité moyenne et 3 = forte densité.

#### **1.2.6. Analyse des données**

Les corrélations linéaires de Pearson entre les variables ont été calculées. Les données collectées ont été soumises à une analyse de variance. Le Modèle Linéaire Général (GLM) a été utilisé pour tester à 5 % l'effet variété sur les huit variables. Dans le cas où l'analyse a été significative, un regroupement homogène des moyennes des valeurs obtenues par variable et par variété a été réalisé par le test HSD (*Honestly Significant Difference*) de Tukey au seuil de 5 %. Une analyse en composantes principales (ACP) normée centrée – réduite et une classification ascendante hiérarchique (CAH), utilisant la distance euclidienne et la méthode de Ward comme critères de distance et d'agrégation, ont été effectuées pour mettre en évidence la structure de la diversité des piments. Ces calculs et analyses ont été réalisés avec le logiciel Statistica version 7.1.

## **2. Résultats**

### **2.1. Répartition des variétés répertoriées**

Les neuf variétés de piment recensées et étudiées sont réparties selon le tableau 1. A l'exception du département de Zoukougbeu où trois variétés ont été répertoriées, chacun des trois autres départements a présenté cinq variétés. L'analyse du tableau 1 montre que chacune des variétés «Bec

d’oiseau» et «Gros-Gros» a été rencontrée, dans chacun des quatre départements. Ce qui n’a pas été le cas des variétés «Sent bon africain», «Piment baoulé», «Jaune-Jaune» et «Inconnu» qui ont été uniquement et respectivement rencontrées à Vavoua, Zoukougbeu, Vavoua et Daloa.

**Tableau 1.** Variétés de piment recensées dans les différents départements du Haut-Sassandra

Variétés	Départements
Bec d’oiseau	Daloa, Issia, Vavoua, Zoukougbeu
Gros-Gros	Daloa, Issia, Vavoua, Zoukougbeu
Gros-Gros Ferké	Daloa, Issia
Inconnu	Daloa
Jaune-Jaune	Vavoua
Petit de Gros-Gros	Issia, Vavoua
Piment baoulé	Zoukougbeu
Sent bon	Daloa, Issia
Sent bon africain	Vavoua

## 2.2. Corrélations entre les variables

L’analyse du tableau 2 montre que le diamètre au collet (DiaC) a été positivement et fortement corrélé à la hauteur de plante (HauP), au nombre de branches de la tige (Nram) et à la densité du feuillage (DenFeu). Il en a été de même de la densité du feuillage avec la hauteur de plante et le nombre de branches.

## 2.3. Comparaison des variétés

### 2.4.1. Germination des semences

Pour chacune des neuf variétés, le taux de germination (Tger) a été 100 %. Relativement au délai de germination (Dger), l’analyse de variance a montré des différences significatives ( $p < 0,001$ ) entre les variétés (Tableau 3). Ainsi, le test HSD a rangé les neuf variétés en cinq groupes qui sont i) les variétés «Inconnu» et «Petit de Gros-Gros», ii) la variété «Gros-Gros Ferké», iii) les variétés «Sent bon africain», «Gros-Gros», «Jaune-Jaune» et «Sent bon», iv) la variété «Bec d’oiseau» et v) la variété «Piment baoulé».

Par ailleurs, les semences des variétés «Inconnu» et «Petit de Gros-Gros» ont germé dans un délai plus court que celui de la variété «Piment baoulé», respectivement en moyenne de 5 à 6 et de 8,58 jours après semis (JAS).

**Tableau 2.** Corrélations linéaires de Pearson entre les variables considérées.

Variables	Dger	DiaC	HauP	Nram	LonRD	EnvFron	SurFo
Dger	1,000						
Diac	-0,288	1,000					

HauP	- 0,510	<b>0,914****</b>	1,000				
Nram	- 0,205	<b>0,894***</b>	<b>0,750**</b>	1,000			
LonRD	0,382	0,484	0,186	0,606	1,000		
EnvFron	- 0,144	0,611	0,645	0,536	0,254	1,000	
SurFo	0,248	- 0,203	- 0,221	- 0,365	- 0,052	0,459	1,000
DenFeu	- 0,363	<b>0,875***</b>	<b>0,822***</b>	<b>0,904****</b>	0,521	<b>0,775**</b>	0,072

Dger : délai de germination, Diac : Diamètre au collet, HauP : hauteur de la plante, Nram : nombre de ramifications, LonRD : longueur de la ramification la plus développée, EnvFron : envergure de la frondaison, SurFo : surface foliaire, DenFeu : densité du feuillage. En gras, significatif à 5 %.

\*\* : modérée, \*\*\* : forte (élevée), \*\*\*\* : très forte (très élevée).

#### 2.4.2. Développement des plantes

L'analyse de variance au seuil de 5 % n'a montré aucune différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les variétés, pour ce qui concerne le nombre de ramifications (Nram), la longueur de la ramification la plus développée (LonRD), l'envergure de la frondaison (EnvFron) et la densité du feuillage (DenFeu) (Tableau 3). Ce qui n'a pas été le cas du diamètre au collet (DiaC), de la hauteur de la plante (HauP) et de la surface foliaire (SurFo).

Concernant le diamètre au collet (Diac), les neuf variétés de piment ont été placées dans un seul groupe avec des diamètres moyens variant de 3,29 à 4,13 mm (Tableau 3). Quant à la hauteur de la plante (HauP), trois groupes de variétés se sont distingués: i) la variété «inconnu» présentant la valeur la plus élevée (23,02 cm); ii) la variété «Gros-Gros Ferké» affichant la valeur intermédiaire (19,82 cm) entre celle de «Inconnu» celles du troisième groupe composé des autres variétés dont les valeurs ont varié de 14,43 à 16,55 cm.

Six groupes de variétés ont été distingués au niveau de la surface foliaire (SurFo). Les groupes (i) et (ii) représentés par les variétés «Gros-Gros Ferké» et «Bec» d'oiseau» ont présenté les surfaces moyennes les plus élevées (20,57

**Tableau 3.** Effet variété de piment sur les huit variables phénologique et morphologiques considérées

Variétés	variables phénologique et morphologiques							
	Dger (jours)	DiaC (mm)	HauP (cm)	Nram	LonRD (cm)	EnvFron (cm)	SurFo (cm)	DenFeu
<i>Bec d'oiseau</i>	7,46±2,32 <sup>ab</sup>	3,613±1,110 <sup>a</sup>	15,31±5,82 <sup>b</sup>	3,13±1,93 <sup>a</sup>	5,11±3,80 <sup>a</sup>	13,02±4,97 <sup>a</sup>	19,36±11,01 <sup>ac</sup>	2,14±0,81 <sup>a</sup>
<i>Gros-Gros</i>	6,37±1,56 <sup>abc</sup>	3,475±1,037 <sup>a</sup>	16,55±6,25 <sup>b</sup>	3,35±1,79 <sup>a</sup>	4,45±3,87 <sup>a</sup>	11,69±4,25 <sup>a</sup>	13,515±8,42 <sup>bd</sup>	2,00±0,80 <sup>a</sup>
<i>Gros-Gros Ferké</i>	6,00±0,62 <sup>bc</sup>	4,028±0,916 <sup>a</sup>	19,82±7,58 <sup>ab</sup>	3,86±2,21 <sup>a</sup>	5,52±4,14 <sup>a</sup>	14,05±3,19 <sup>a</sup>	20,57±14,56 <sup>ab</sup>	2,54±0,74 <sup>a</sup>
<i>Inconnu</i>	5,04±1,51 <sup>c</sup>	4,137±0,659 <sup>a</sup>	23,02±4,41 <sup>a</sup>	3,54±1,53 <sup>a</sup>	4,25±2,29 <sup>a</sup>	11,81±2,53 <sup>a</sup>	11,62±4,39 <sup>cd</sup>	2,27±0,66 <sup>a</sup>
<i>Jaune-Jaune</i>	6,43±2,34 <sup>abc</sup>	3,679±1,004 <sup>a</sup>	15,24±4,43 <sup>b</sup>	3,50±1,87 <sup>a</sup>	5,04±3,51 <sup>a</sup>	10,57±4,16 <sup>a</sup>	12,11±7,15 <sup>bcd</sup>	2,00±0,88 <sup>a</sup>
<i>Petit de Gros-Gros</i>	5,54±1,14 <sup>c</sup>	3,291±0,912 <sup>a</sup>	15,80±5,41 <sup>b</sup>	3,14±1,56 <sup>a</sup>	4,16±3,50 <sup>a</sup>	11,75±4,78 <sup>a</sup>	12,08±6,60 <sup>bcd</sup>	2,04±0,84 <sup>a</sup>
<i>Piment baoulé</i>	8,58±1,88 <sup>a</sup>	3,800±1,273 <sup>a</sup>	15,83±6,04 <sup>b</sup>	3,83±1,99 <sup>a</sup>	6,71±4,76 <sup>a</sup>	10,42±4,27 <sup>a</sup>	12,16±9,23 <sup>bcd</sup>	2,00±0,95 <sup>a</sup>
<i>Sent bon</i>	6,86±0,38 <sup>abc</sup>	3,367±0,537 <sup>a</sup>	14,43±3,60 <sup>b</sup>	2,00±1,92 <sup>a</sup>	2,69±2,06 <sup>a</sup>	11,43±2,51 <sup>a</sup>	17,25±6,96 <sup>abcd</sup>	1,7±0,95 <sup>a</sup>
<i>Sent bon africain</i>	6,33±1,92 <sup>abc</sup>	3,370±0,910 <sup>a</sup>	15,41±4,45 <sup>b</sup>	2,67±1,83 <sup>a</sup>	2,83±1,03 <sup>a</sup>	11,42±3,42 <sup>a</sup>	15,02±9,39 <sup>abcd</sup>	1,75±0,74 <sup>a</sup>
F	8,076	2,047	5,670	1,1797	1,5744	1,612	3,9836	1,6616
P	< 0,001	0,041938	< 0,001	0,312074	0,133264	0,122150	< 0,001	0,108671

Dger : délai de germination, DiaC : Diamètre au collet, HauP : hauteur de la plante, Nram : nombre de ramifications, LonRD : longueur de la ramification la plus développée, EnvFron : envergure de la frondaison, SurFo : surface foliaire, DenFeu : densité du feuillage, mm : millimètre, cm : centimètre, cm<sup>2</sup> : centimètre carré, F : valeur du test de Fischer, p : probabilité associée au test de Fischer.

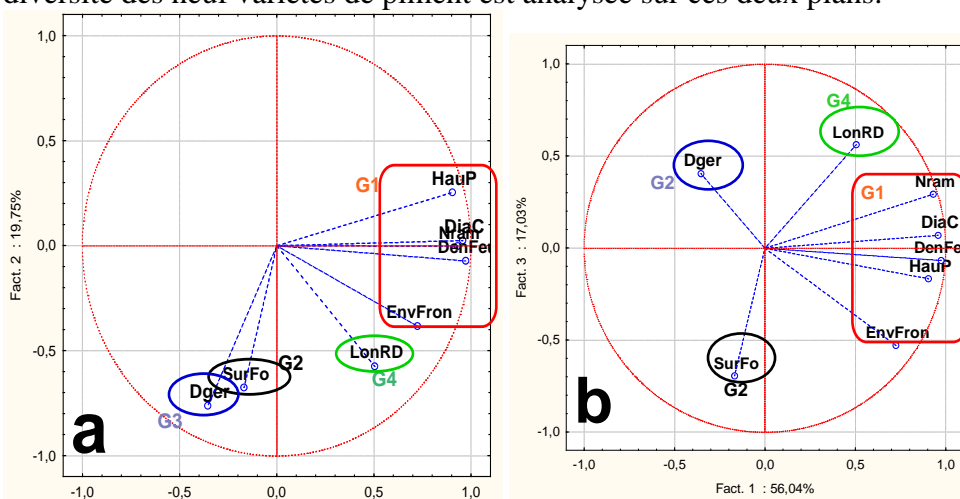
Les valeurs moyennes dans une colonne suivies de la même lettre ou des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement à 5 % selon le test de Fisher.

## ESJ Natural/Life/Medical Sciences

et 19,36 cm<sup>2</sup>). Les variétés «Sent bon» et «Sent bon africain» formant le groupe (iii) et «Gros-Gros» représentant le groupe (iv) ont eu les valeurs respectives 17,25, 15,02 et 13,515 cm<sup>2</sup>. Le groupe (v) est formé par les variétés «Piment baoulé», «Jaune-Jaune» et «Petit de Gros-Gros» ont présenté des valeurs ayant varié de 2,08 à 12,16 cm<sup>2</sup>. La variété «Inconnu» constituant le groupe (vi) a eu la plus faible valeur moyenne (11,62 cm<sup>2</sup>) (Tableau 3).

### 2.5. Diversité des variétés par l'analyse en composantes principales

Les plans (1,2) et (1,3) de l'analyse en composantes principales (ACP) ont expliqué, respectivement, 75,79 et 73,07 % de l'inertie totale (Figure 2). La diversité des neuf variétés de piment est analysée sur ces deux plans.



**Figure 2.** Cercles des corrélations des variables dans les plans 1,2 (a) et 1,3 (b) de l'analyse en composantes principales et les différents Groupes distingués.

Dger : délai de germination, DiaC : Diamètre au collet, HauP : hauteur de la plante, Nram : nombre de ramifications, LonRD : longueur de la ramification la plus développée, EnvFron : envergure de la frondaison, SurFo : surface foliaire, DenFeu : densité du feuillage,

Les corrélations entre les variables étudiées et les axes factoriels, d'une part, et les contributions de ces variables aux axes, d'autre part, sont présentées dans le tableau 4. Il ressort de ce tableau que les variables DiaC, HauP, Nram et DenFeu ont été très fortement et positivement corrélés ( $0,905 \leq r \leq 0,973$ ) à l'axe 1. Ces variables ont contribué à la formation de la partie positive de l'axe 1. Aussi, le Dger et la SurFo ont été négativement, faiblement à modérément corrélés ( $-0,762 \leq r \leq -0,676$ ) à l'axe 2. Le Dger a contribué à la formation de la partie négative de cet axe ; la SurFo y participe à un degré moindre. Cette SurFo a aussi été négativement et quasi-modérément corrélée ( $r = -0,692$ ) à l'axe 3, dont elle caractérise la partie négative. Conséquent,

quatre groupe (G1, G2, G3, G4) de variables ont été distingués (Figures 2a et 2b). Le groupe 1 (G1) a été composé de DiaC, HauP, Nram, EnvFron, DenFeu. Le groupe 2 (G2) a été représenté par SurFo, le groupe 3 (G3) par Dger et le groupe 4 (G4) par LonRD.

**Tableau 4.** Correlations entre variables et axes et contribution des variables aux axes

Variables	Corrélations entre variables et axes			Contributions des variables à la formation des axes		
	axe 1	axe 2	axe 3	axe 1	axe 2	axe 3
Dger	- 0,545*	- 0,762**	0,407	0,028027	<b>0,367663</b>	0,121337
Diac	0,957****	0,025	0,071	<b>0,204414</b>	0,000382	0,003659
HauP	0,905****	0,254	- 0,166	<b>0,182645</b>	0,040965	0,020256
Nram	0,931****	- 0,002	0,293	<b>0,193284</b>	0,000002	0,063119
LonRD	0,505*	- 0,573*	0,562*	0,056944	<b>0,207747</b>	<b>0,232132</b>
EnvFron	0,729**	- 0,383	- 0,528*	0,117109	0,092827	<b>0,204625</b>
SurFo	- 0,168	- 0,676*	- 0,692*	0,006307	<b>0,287272</b>	<b>0,351638</b>
DenFeu	0,973****	- 0,070	- 0,066	<b>0,211270</b>	0,003143	0,003184

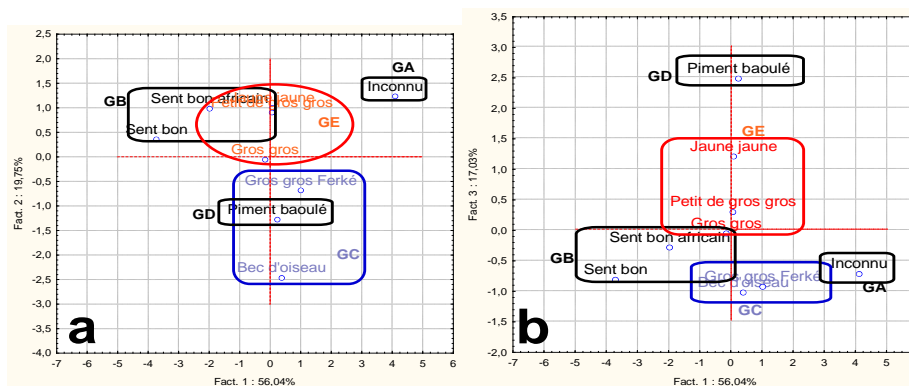
Dger : délai de germination, Diac : Diamètre au collet, HauP : hauteur de la plante, Nram : nombre de ramifications, LonRD : longueur de la ramification la plus développée, EnvFron : envergure de la frondaison, SurFo : surface foliaire, DenFeu : densité du feuillage, \*: faible, \*\*:modérée, \*\*\*\*: très forte (très élevée). En gras, les valeurs des paramètres ayant contribué aux axes.

Les variétés «Inconnu» et «Sent bon» ont été très bien représentées sur l'axe 1, avec respectivement de fortes contributions de 46,991 et de 38,570 % (Tableau 5). «Bec d'oiseau» a contribué à l'axe 2 pour 48,131 %. Sur l'axe 3, «Piment baoulé» a été assez bien représentée pour une contribution de 55,810 %.

**Tableau 5.** Contributions des variétés aux axes factoriels

Variétés	axe 1	axe 2	axe 3
Bec d'oiseau	0,40401	48,13084	9,96852
Gros-Gros	0,07523	0,02554	0,04686
Gros-Gros Ferké	2,87133	3,67286	8,27856
Inconnu	46,99119	12,10337	4,97513
Jaune-Jaune	0,01431	7,94429	13,00707
Petit de Gros-Gros	0,00886	6,46849	0,71431
Piment baoulé	0,15161	12,98174	55,81037
Sent bon	38,57042	1,01913	6,35175
Sent bon africain	10,91303	7,65374	0,84741

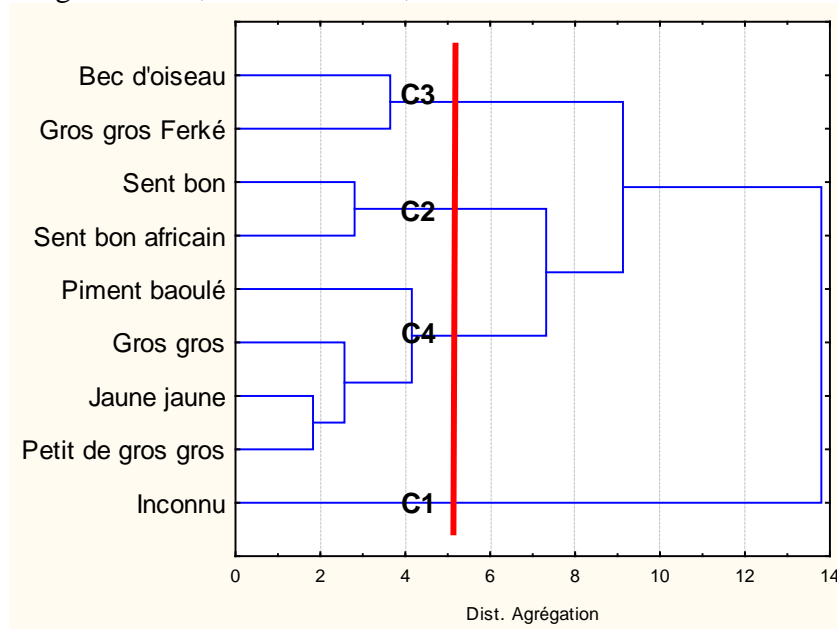
Cinq groupes (GA, GB, GC, GD, GE) de variétés de piment ont été distingués (Figures 3). Le groupe A (GA) est représenté par «Inconnu». Le groupe B (GB) est composé de «Sent bon» et «Sent bon africain», le groupe C (GC) de «Bec d'oiseau» et «Gros-Gros Ferké». Le groupe D (GD) s'est identifié à «Piment baoulé», tandis que le groupe E (GE) est composé de «Gros-Gros», «Petit de Gros-Gros» et de «Jaune jaune».



**Figure 3.** Groupes des neuf variétés de piment dans deux plans d'analyse en composantes principales  
 a : plan (1,2) ; b : plan (1,3)

### 2.6. Diversité des variétés par la classification ascendante hiérarchique

La diversité par la classification ascendante hiérarchique (CAH) des neuf variétés de piment étudiées est présentée à la figure 4. La troncature effectuée à la distance 5 a dégagé quatre principales classes (C1, C2, C3, C4) de variétés. La classe 1 s'est identifiée à « Inconnu ». La classe 2 est composée de « Sent bon » et « Sent bon africain », tandis que la classe 3 s'est identifiée à « Bec d'oiseau » et à « Gros gros Ferké ». La classe 4, quant à elle, est composée de « Petit de gros-Gros », « Jaune-Jaune », « Gros-Gros » et de « Piment baoulé ».



**Figure 4.** Classes de variétés de piment distinguées sur le dendrogramme obtenu par application de la méthode de Ward et de la distance Euclidienne



## Discussion

La connaissance de la diversité génétique est essentielle pour l'utilisation efficiente de celle-ci en amélioration variétale. Cette connaissance passe par la description des ressources génétiques. Les caractéristiques phénologiques et morphologiques sont les premiers candidats à cette description. Une évaluation a, alors, été conduite pour déterminer la diversité phénologique et morphologique de neuf variétés de piment répertoriées à partir d'accessions collectées dans les quatre départements de la région du Haut-Sassandra. Ces neuf variétés n'ont pas été rencontrées, toutes, dans chaque département. Une pareille disparité présente de variétés est constatée chez plusieurs espèces cultivées (Look *et al.*, 2013; Touré *et al.*, 2013; Gbaguidi *et al.*, 2015). L'absence d'une variété donnée dans un département serait due soit à sa non culture, soit au fait que ses fruits n'étaient pas disponibles pendant la collecte, soit encore au fait qu'elle est connue sous différents noms d'un site à un autre. Dans ce dernier cas, la connaissance de tous les noms s'avère indispensable. La pluralité de noms de variétés a déjà été rapportée. Cela est le cas chez le voandzou dont les noms locaux attribués aux morphotypes varient en fonction du groupe et du sous groupe ethnique (Touré *et al.*, 2013) et le niébé (Gbaguidi *et al.*, 2015). Par ailleurs, une accession de Daloa, sans nom de variété, a été appelée «Inconnu» dans cette étude. Ce cas confirme le fait qu'il y a des variétés de piment qui demeurent inconnues des utilisateurs.

L'analyse de variance a ressorti trois à six groupes homogènes de variétés pour le délai de germination, la hauteur de la plante et la surface foliaire. Ces résultats témoignent d'une forte variabilité phénologique et morphologique entre ces neuf variétés. Le délai de germination, la hauteur de la plante et la surface foliaire ont été les caractères les plus discriminants. Des résultats semblables ont été obtenus par de nombreux auteurs chez le piment (Segnou *et al.*, 2012a, 2012b ; Zhang Xiao-min *et al.*, 2016; Andrade *et al.*, 2020; Waongo *et al.*, 2021).

L'importante variabilité observée dans cette étude contraste avec le principe que la variabilité génétique est faible au sein d'une zone géographique réduite. (Ravindran *et al.*, 2005). En effet, les variétés étudiées ont été acquises à l'issue d'une collecte sur les marchés de quatre villes d'une même région de superficie relativement réduite. Ainsi donc, cette variabilité serait due à plusieurs faits. Le piment est l'une des cultures à variabilité potentielle élevée (Djidji, 1995). Cette variabilité est renforcée par les introductions de variétés diversifiées à partir d'autres pays et par les créations variétales pour répondre aux exigences multiples des utilisateurs (Fondio *et al.*, 2015; CNRA, 2019). Aussi, elle est générée par les pratiques de production, notamment les échanges de semences entre agriculteurs (Delaunay *et al.*, 2008; Missihoun *et al.*, 2012) et la culture polyvariétale qui consiste à cultiver plusieurs variétés

dans un même champ. Cette dernière pratique engendre d'autres génotypes, étant donné que le piment se multiplie essentiellement de façon générative et que, par ailleurs, l'autofécondation et la fécondation croisée existent naturellement chez le genre *Capsicum* (Waongo *et al.*, 2021).

L'analyse en composantes principales (ACP) sur les trois premiers axes représentant 92,82 % de la variabilité totale a permis d'identifier cinq groupes. Pla (1986) a suggéré au moins 80 % de la variabilité totale. La classification ascendante hiérarchique (CAH) a rangé les variétés «Piment baoulé», «Gros-Gros», «Petit de Gros-Gros» et «Jaune-Jaune» dans un seul et même groupe et établi quatre groupes dont trois sont identiques aux groupes formés par ACP. Ces groupes de variétés se distinguant par le délai de germination, la hauteur de la plante, la surface foliaire. Les nombres de groupes de génotypes ou d'accessions obtenus par les méthodes multivariées reflètent les niveaux de variabilité des germoplasmes. Ils peuvent dépendre des outils et des effectifs. Ainsi, sur la base de paramètres de croissance végétative tels que ceux utilisés dans la présente étude à savoir le délai de germination, le diamètre de la tige, la hauteur de la plante, les dimensions de la feuille, la largeur de la canopée, trois à neuf groupes ont été obtenus avec 18 à 192 génotypes ou accessions (Segnou *et al.*, 2012b; Ballina-Gómez *et al.*, 2013; Nsabiyaera *et al.*, 2013; Andrade *et al.*, 2020 ; Bianchi *et al.*, 2020; Waongo *et al.*, 2021). Comparativement à ces travaux, les neuf variétés de cette étude, réparties en quatre groupes, présentent un niveau élevé de variabilité.

Par ailleurs, les analyses ont mis en évidence trois tendances de variétés aux caractéristiques opposées. Une tendance englobe les semences ayant germé dans un court délai et engendré des plantes de plus grands diamètres et hauteurs. C'est le cas de la variété «Inconnu» dont les caractéristiques sont les plus différentes de celles des autres variétés. Une autre concerne les semences ayant germé dans un long délai et engendré des plantes de plus faibles diamètres et hauteurs, avec des surfaces foliaires, nombres de ramifications, longueurs de la ramification la plus développée, envergures de frondaison densités de feuillage moyens. Les variétés «Piment baoulé», «Gros-Gros», «Jaune-Jaune» et «Petit de Gros-Gros» se retrouvent dans cette tendance. Entre ces deux tendances se retrouvent les combinaisons intermédiaires de caractéristiques. Ces résultats sont semblables à ceux de Nsabiyaera *et al.* (2013) sur 37 génotypes de *Capsicum annum* d'Ouganda et de Bianchi *et al.* (2020) sur 56 accessions de *Capsicum chinense* du Brésil et du Pérou. De plus, Nsabiyaera *et al.* (2013) ont observé que les variétés locales sont de grandes tailles, de grands diamètres de tige et de larges canopées et le contraire chez les variétés exotiques améliorées et introduites. Selon ces observations, la variété «Inconnu» pourrait être une variété locale et les variétés «Gros-Gros», «Jaune-Jaune» et «Petit de Gros-Gros» des variétés améliorées.

Les caractères phéno-morphologiques ont permis de discriminer les variétés étudiées. En dépit des influences environnementales, la diversité observée pourrait résulter d'une variation dans la constitution génétique des variétés (N'dri *et al.*, 2011). Ces caractères sont donc utiles en caractérisation. En effet, il existe une relation directe entre la croissance végétale et le développement, la surface foliaire, la photosynthèse, la floraison et la fructification (Silva et Silva, 2021 ; Waongo *et al.*, 2021)

## Conclusion

Neuf variétés de piment cultivées dans la région du Haut-Sassandra ont été évaluées pour leur diversité phénologique et morphologique. Elles ont présenté une importante diversité, notamment au niveau du délai de germination, de la hauteur de la plante et de la surface foliaire. Par ailleurs, la structuration de cette diversité a opposé ces variétés. Ainsi, la variété «Inconnu», avec le délai de germination le plus court, la hauteur de plante la plus élevée, la meilleure croissance latérale et la densité du feuillage la plus grande, a été la plus différent des autres. Aussi, les variétés «Piment baoulé», «Gros-Gros», «Jaune-Jaune» et «Petit de Gros-Gros» ont présenté un long délai de germination, des plantes de plus faibles diamètres et hauteurs, des surfaces foliaires, des nombres de ramifications, des longueurs de la ramification la plus développée, des envergures de frondaison, et des densités de feuillage moyens. Les variétés «Bec d'oiseau», «Gros-Gros Ferké», «Sent bon» et «Sent bon africain» ont présenté des combinaisons intermédiaires de valeurs des paramètres. Il découle de ces résultats que les paramètres phénologiques et morphologiques sont utiles pour la caractérisation des germoplasmes.

## References:

1. Akesse, E. N., Ouali-N'goran, S-W. M., & Tano, Y. (2015). Insectes ravageurs du piment *Capsicum chinense* Jacq. (Solanaceae) à Port-Bouët (Abidjan-Côte d'Ivoire) : Pratiques de lutte par les pesticides chimiques. *Journal of Applied Biosciences*, 93, 8667-8674.
2. Andrade, P. J. N., Monteros-Altamirano, A., Bastidas, C. G. T., & Sørensen, M. (2020). Morphological, Sensorial and Chemical Characterization of Chilli Peppers (*Capsicum* spp.) from the CATIE Genebank. *Agronomy*, 10(1732), 1-18.
3. Ayolié, K., Kouassi, N. J., Angaman, D.M., Kouadio, A. B., Soro, D., Kouakou, T. H. & Kouadio, Y. J. (2016). Effect of water stress on morphological, physiological and biochemical parameters of three varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). cultivated in Côte d'Ivoire, *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science*, 2(11), 148-161.

4. Ballina-Gómez, H., Latournerie-Moreno, L., Ruiz-Sánchez, E., Pérez-Gutiérrez, A., & Rosado-Lugo, G. 2013. Morphological characterization of *Capsicum annuum* L. accessions from southern Mexico and their response to the Bemisia tabaci-Begomovirus complex. *Chilean Journal Of Agricultural Research*, 73(4), 329-338.
5. Bianchi, P. A., Almeida da Silva, L. R., Alencar André da Silva, A., Araújo, S. P., Diniz, E., Pimenta, S., Sudré, C. P., Erpen-Dalla, C., Azeredo, G. L. S., & Rosana, R. (2020). Biomorphological Characterization of Brazilian *Capsicum Chinense* Jacq. Germplasm. *Agronomy*, 10(447), 1-17.
6. CNRA, (2019). *Répertoire des variétés améliorées de cultures vivrières. Edition 2019*. Direction de la Recherche scientifique et de l'appui au développement et Direction des Innovations et des systèmes d'information, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Abidjan, Côte d'Ivoire, 80 p.
7. Dagnelie, P. (2000). La planification des expériences: choix des traitements et dispositif expérimental. *Journal de la Société française de Statistique*, 141(1 & 2), 5-29.
8. Delaunay, S., Tesca R-P., Oualbego A., vom Brocke K., & Lançon J. (2008). La culture du coton ne bouleverse pas les échanges traditionnels de semences de sorgho. *Cahiers Agricultures*, 17, 189– 194.
9. Djidji, A. H. (1995). *La collection de germoplasme des plantes légumières en Côte d'Ivoire*. Rapport d'étude. RADHORT Documents. RADHORT, 6 p.
10. Eching El-Ghoraba, A. H., Javedb, Q., Anjumb, F. M., Hamedc, S. F., & Shaabana, H. A. (2013). Pakistani Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.): Chemical Compositions and its Antioxidant Activity. *International Journal Food Properties*, 16(1), 18-32.
11. Fondio. L., N'zi, J.-C., & Kobenan, K. (2015). Comportement agronomique et sanitaire de nouvelles lignées de piment (*Capsicum* sp) dans le Sud de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 92, 8594-8609.
12. Fondio, L., Kouamé, C., Djidji, H. A., & Aïdara, S. (2016). Bien cultiver le piment en Côte d'Ivoire. Fiche Technique. *Direction des Programmes de Recherche et de l'Appui au Développement -Direction des innovations et des systèmes d'information*. CNRA, Abidjan, Côte d'Ivoire, 4 p.
13. Gbaguidi, A. A., Assogba, P., Dansi, M., Yedomonhan, H., & Dansi, A. A. (2015). Caractérisation agromorphologique des variétés de niébé cultivées au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(2), 1050-1066.

14. Koffi, A. C., Koffi-Nevry, R., Kouassi, K. C., & Loukou, Y. G. (2014). Activité des extraits de six variétés de piment (*Capsicum*) utilisés en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 82, 7379 -7388.
15. Koffi-Nevry, R., Kouassi, C., Nanga, Z., Koussémon, M., & Loukou, G. (2012). Antibacterial activity of two bell pepper extracts: *Capsicum annum* L. and *Capsicum frutescens*. *International Journal of Food Properties*, 15, 961-971.
16. Konaté, G. & Traoré, O. (1999). Caractérisation et distribution du virus de la panachure du poivron en Afrique de l'Ouest. *Cahiers Agricultures*, 8, 132-134.
17. Kouassi, K. C., & Koffi-Nevry, R. (2012). Evaluation de la connaissance et utilisation des variétés de piment (*Capsicum*) cultivées en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(1), 175-185.
18. Kouassi, K. C., Coulibaly, B., Coulibaly, I., Koffi A. C., & Koffi-Nevry, R. (2016). Antimicrobial Activity of the Varieties of Peppers (*Capsicum*) of Côte d'Ivoire on Multiresistant Strains. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(10), 875-890.
19. Loko, Y. L., Dansi, A., Linsoussi, C., Tamo, M., Vodouhè, R., Akoegninou, A., & Sanni, A. (2013). Current status and spatial analysis of Guinea yam (*Dioscorea cayenensis* Lam. -*D. rotundata* Poir. complex) diversity in Benin. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 3(7), 219-238.
20. Missihoun, A.A., Agbangla, C., Adoukonou-Sagbadja, H., Ahanhanzo, C. & Vodouhè, R. (2012). Gestion traditionnelle et statut des ressources génétiques du sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench) au Nord-Ouest du Bénin. *International Journal of Biological Chemical Sciences*, 6, 1003-1018.
21. N'Dri, A. A. N., Vroh-Bi, I., Kouamé, P. L., & Zoro, Bi I. A. (2011). Bases génétiques et biochimiques de la capacité germinative des graines: implications pour les systèmes semenciers et la production alimentaire. *Sciences & Nature*. 8(1), 119-137.
22. N'Guessan, A. H., N'Guessan, K. F., Kouassi, K. P., Kouamé, N. N., & N'Guessan, P. W. (2014). Dynamique des populations du foreur des tiges du cacaoyer, *Eulophonotus myrmeleon* Felder (Lépidoptère : Cossidae) dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 83, 7606-7614.
23. Nsabiyera, V., Logose, M., Ochwo-Ssemakula, M., Sseruwagi, P., Gibson, P., & Ojiewo, C. (2013). Morphological Characterization of Local and Exotic Hot Pepper (*Capsicum annum* L.) Collections in Uganda. *Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability*, 7(1), 22-32.

24. Ravindran, P. N., Babu, K. N., & Shiva, K. N. (2005). Botany and Crop Improvement of Ginger. In P.N. Ravindran & K.N. Babu. (eds), *Medicinal and aromatic plants Industrial profiles: Ginger, the genus Zingiber* (pp.15-85). CRC Press. Washington DC.
25. Pla, E. (1986). *Análisis multivariado: Método de componentes principales*. 94 p. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, DC, USA.
26. Sangare, A., Koffi E., Akamou, F., & Fall, C. A. (2009). *Etat des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture; second rapport national*. Ministère de l'Agriculture, République de Côte d'Ivoire, 64 p.
27. Segnou, J., Amougou, A., & Youmbi, E. (2012a). Viabilité et développement végétatif des plantules de piment (*Capsicum annum* L.) suivant différents matériels de conditionnement des semences. *Tropicultura*, 30(1), 15-23.
28. Segnou, J., Akoa A., Youmbi, E., & Njoya, J. (2012b). Variabilité des caractères morphologiques et analyse des composantes du rendement chez le piment (*Capsicum annum* l.). *Agronomie Africaine*, 24(3), 183-195.
29. Silva, M. R. E., & Silva, R. N. O. (2021). Morpho-agronomic characterization and genetic diversity in peppers (*Capsicum* spp.). *Revista Caatinga, Mossoró*, 34(3), 505-513.
30. Soro, D., Ayolié, K., Gohi Bi, Z. F., Yao, Y. F., Konan-Kan, K. H., Sidiky, B., Téhua, A. P. & Kouadio, Y. J. (2015). Impact of organic fertilization on maize (*Zea mays* L.) production in a ferralitic soil of centre west côte d'ivoire. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 3(6), 556-565.
31. Touré, Y. Koné, M., Silué, S., & Kouadio, Y. J. (2013). Prospection, collecte et caractérisation agromorphologique des morphotypes de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) VERDC. (Fabaceae)] de la zone savanicole en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 9(24), 308-325.
32. Waongo, L., Kiebre, M., Sawadogo, B., Ouedraogo, M. H., Kiebre, Z., & Bationo/Kando, P. (2021). Phenotyping of local chili pepper (*Capsicum* spp) accessions cultivated in Burkina Faso. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 9(1), 16-23.
33. Zhang Xiao-min, Zheng-Hai, Z., Xiao-Zhen, G., Sheng-Li, M., Xi-Xiang, L., Chadœuf, J., Palloix, A., Li-Hao, W., & Bao-Xi, Z. (2016). Genetic diversity of pepper (*Capsicum* spp.) germplasm resources in China reflects selection for cultivar types and spatial distribution. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(9), 1991-2001.