

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

*October 2021*

**European Scientific Institute, ESI**

*The content is peer reviewed*

**ESJ Natural/Life/Medical Sciences**

*October 2021 edition vol. 17, No. 37*

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)

---

## *About the Journal*

The “European Scientific Journal”, ESJ is a peer-reviewed and open access journal, which publishes research articles and literature reviews in English, French or Spanish. This monthly issued publication of the European Scientific Institute, ESI embraces a wide range of academic disciplines. Submissions in the area of social sciences, humanities, life sciences, medical and natural sciences are welcome.

Founded in 2010, on European soil, ESJ strives to become a venue for academic attainments from all around the globe. On its way to scientifically sound publications, it connects reviewers and authors from different countries and academic titles, providing knowledge transfer and sharing of best practices. In the past 10 years over 28.000 researchers have published their papers with ESJ.

ESJ supports the researchers in overcoming contemporary barriers. Our effort is to provide decency through a realistic amount of publication charges; Fairness by cutting the timeframe for reviewer selection and first decision; Agility through permanent communication with the authors and reviewers; professionalism through a constant promotion of academic ethics and international impact through support of open science and interdisciplinary research.

*Sincerely,*

***Jovan Shopovski, PhD***

*European Scientific Journal (ESJ)*

*Managing Editor*

---

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

**Olena Ivanova,**  
Kharkiv National University, Ukraine

**Marco Mele,**  
Unint University, Italy

**Okyay Ucan,**  
Omer Halisdemir University, Turkey

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

**Matti Raudjarv,**  
University of Tartu, Estonia

**Cosimo Magazzino,**  
Roma Tre University, Italy

**Susana Sousa Machado,**  
Polytechnic Institute of Porto, Portugal

**Jelena Zascerinska,**  
University of Latvia, Latvia

**Umman Tugba Simsek Gursoy,**  
Istanbul University, Turkey

**Zoltan Veres,**  
University of Pannonia, Hungary

**Vera Komarova,**  
Daugavpils University, Latvia

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

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

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

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

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

**Tanzer Celikturk,**  
Pamukkale University, Turkey

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

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

**Georges Kpazai,**  
Laurentian University, Canada

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

**Natalia Sizochenko,**  
Dartmouth College, USA

**Michele Russo,**  
G. D'Annunzio" University of Pescara, 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 YIildirir Keser,**  
Bursa Technical University, Turkey

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

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

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

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

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

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

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

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

**Paul Waithaka Mahinge,**  
Kenyatta University, Kenya

**Aicha El Alaoui,**  
Sultan My Slimane University, Morocco

**Marija Brajčić,**  
University of Split, Croatia

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

**Belen Martinez-Ferrer,**  
Univeristy Pablo Olavide, Spain

**Rachid Zammar,**  
University Mohammed 5, Morocco

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

**Fatma Koc,**  
Gazi University, Turkey

**Calina Nicoleta,**  
University of Craiova, Romania

**Shadaan Abid,**  
UT Southwestern Medical Center, USA

**Sadik Madani Alaoui,**  
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

**Patrizia Gazzola,**  
University of Insubria, Italy

**Krisztina Szegedi,**  
University of Miskolc, Hungary

**Liliana Esther Mayoral,**  
National University of Cuyo, Argentina

**Amarjit Singh,**  
Kurukshetra University, India

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

**Oscar Casanova Lopez,**  
University of Zaragoza, Spain

**Emina Jerkovic,**  
University of Josip Juraj Strossmayer, Croatia

**Carlos M. Azcoitia,**  
National Louis University, USA

**Rokia Sanogo,**  
University USTTB, Mali

**Bertrand Lemennicier,**  
University of Paris Sorbonne, France

**Lahcen Benaabidate,**  
University Sidi Mohamed Ben Abdellah, Morocco

**Janaka Jayawickrama,**  
University of York, United Kingdom

**Kiluba L. Nkulu,**  
University of Kentucky, USA

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

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

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

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

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

**Kira Trostina,**  
Plekhanov University of Economics, Russia

**Eyal Lewin,**  
Ariel University, Israel

**Szczepan Figiel,**  
University of Warmia, Poland

**Don Martin,**  
Youngstown State University, USA

**John B. Strait,**  
Sam Houston State University, USA

**Nirmal Kumar Betchoo,**  
University of Mascareignes, Mauritius



**Camilla Buzzacchi,**  
University Milano Bicocca, Italy

**EL Kandoussi Mohamed,**  
Moulay Ismai University, Morocco

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

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

**Susana Borrás Pentinat,**  
Rovira i Virgili University, Spain

**Jelena Kasap,**  
Josip J. Strossmayer University, Croatia

**Massimo Mariani,**  
Libera Università Mediterranea, Italy

**Rachid Sani,**  
University of Niamey, Niger

**Luis Aliaga,**  
University of Granada, Spain

**Robert McGee,**  
Fayetteville State University, USA

**Angel Urbina-Garcia,**  
University of Hull, United Kingdom

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

**Marko Andonov,**  
American College, Republic of Macedonia

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

**Leyla Yilmaz Findik,**  
Hacettepe University. Turkey

**Vlad Monescu,**  
Transilvania University of Brasov, Romania

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

**Stefano Amelio,**  
University of Unsubria, Italy

**Enida Pulaj,**  
University of Vlora, Albania

**Christian Cave,**  
University of Paris XI, France

**Julius Gathogo,**  
University of South Africa, South Africa

**Claudia Pisoschi,**  
University of Craiova, Romania

**Arianna Di Vittorio,**  
University of Bari “Aldo Moro”, Italy

**Joseph Ntale,**  
Catholic University of Eastern Africa, Kenya

**Kate Litondo,**  
University of Nairobi, Kenya

**Maurice Gning,**  
Gaston Berger University, Senegal

**Katarina Marosevic,**  
J.J. Strossmayer University, Croatia

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

**Syed Shadab,**  
Jazan University, Saudi Arabia

**Koffi Yao Blaise,**  
University Felix Houphouet Boigny, Ivory Coast

**Mario Adelfo Batista Zaldivar,**  
Technical University of Manabi, Ecuador

**Kalidou Seydou,**  
Gaston Berger University, Senegal

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

**Patrick Chanda,**  
The University of Zambia, Zambia

**Meryem Ait Ouali,**  
University IBN Tofail, Morocco

**Laid Benderradji,**  
Mohamed Boudiaf University of Msila, Algeria

**Amine Daoudi,**  
University Moulay Ismail, Morocco

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

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

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

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

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

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

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

**Mary Kathryn Mc Vey,**  
Franciscan University of Steubenville, USA

**Patricia Randrianavony,**  
University of Antananarivo, Madagascar

**Roque V. Mendez,**  
Texas State University, USA

**Kesbi Abdelaziz,**  
University Hassan II Mohammedia, Morocco

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

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

**Ilknur Bayram,**  
Ankara University, Turkey

**Elenica Pjero,**  
University Ismail Qemali, Albania

**Gokhan Ozer,**  
Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Turkey

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

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

**Camille Habib,**  
Lebanese University, Lebanon

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

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

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

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

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

**Mohamed Berradi,**  
Ibn Tofail University, Morocco

**Visnja Lachner,**  
Josip J. Strossmayer University, Croatia

**Sangne Yao Charles,**  
University Jean Lorougnon Guede, Ivory Coast

**Omar Boubker,**  
University Ibn Zohr, Morocco

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Gamal Elgezeery,**  
Suez University, Egypt

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Nina Stankous,**  
National University, USA

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

**Fekadu Yehualashet Maru,**  
Jigjiga University, Ethiopia

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

**Elena Hunt,**  
Laurentian University, Canada

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

**Satoru Suzuki,**  
Panasonic Corporation, Japan

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

**Russell Kabir,**  
Anglia Ruskin University, UK

**Nasreen Khan,**  
SZABIST, Dubai

**Luisa Morales Maure,**  
University of Panama, Panama

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

**Lipeng Xin,**  
Xi'an Jiaotong University, China

**Harja Maria,**  
Gheorghe Asachi Technical University of Iasi, Romania

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

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

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

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

**N'guessan Tenguel Sosthène,**  
Nangui Abrogoua University, Côte d'Ivoire

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

**Ouedraogo François de Charles,**  
Joseph 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 Guédé University, Côte d'Ivoire

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

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

**Elham Mohammadi,**  
Curtin University, Australia

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

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

**Yue Cao,**  
Southeast University, China

**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

# Table of Contents:

**Evaluation de Différents Types de Substrats sur Le Développement des Plantules de Palmiers À Huile (*Elaeis Guineensis* Jacq.) en Côte d'Ivoire.....1**

*N'Guessan Assiénin Hauverset*

*Gogoue Dessan Obed*

*Anougba Bossoma Danielle*

*Dembélé Inza*

*Allou Kouassi*

**Effets de Dix (10) Variétés de Sésame (*Sesamum indicum* (L.)) en Association avec Le Niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) dans la Lutte Contre *Striga* Gesnerioïdes (Willd.) Vatke. au Niger.....15**

*Amadou Mounkaila Hamissou*

*Amoukou Adamou Ibrahim*

*Zangui Hamissou*

*Boureima Seyni*

*Naino Jika Abdel Kader*

**Calibration of Ångström-Prescott Coefficients to Estimate Global Solar Radiation in Côte d'Ivoire.....24**

*Maurice Aka Djoman*

*Wanignon Ferdinand Fassinou*

*Augustin Memeledje*

**Monitoring and Evaluation Practices and Performance of County  
Maternal Health Programmes.....39**

*John Gatimu*

*Christopher Gakuu*

*Anne Ndiritu*

**Impact de la Phénologie des Espèces Ligneuses Préservées de Savane sur  
L'évolution des Milieux Modifiés par L'activité Anthropique dans le  
Nord-Est Ivoirien. L'exemple des Savanes Soudaniennes de la Région de  
Bouna.....69**

*Kambire Sambu*

**Assessment of the Effect of Different Varieties of Tomato and Hot Pepper  
on Nematodes Attack in Senegal.....92**

*Alpha Cisse*

*Mamadou Thiam Diop*

*Souleymane Dia Dia*

*Saliou Bob*

*Aboubacry Kane*

*Mbacke Sembene*

**Platelets and Inflammation: Relations between Platelet Counts and  
Markers of Inflammation.....108**

*Nirmay Sonar*

*Varun Bafna*

*Priyamvada Singh*

*Iftikar Khadas*

*Mansi Chavan*

**Evaluation de L'entomophagie dans Quatre Grandes Villes de Côte d'Ivoire.....119**

*Boko Adjoua Christiane Eunice*

*Angaman Djédoux Maxime*

**Impact of Bias Correction on Present and Mid-Future Rainfall Projections over Senegal.....137**

*Sarr Alioune Badara*

*Diatta Samo*

*Kébé Ibourahima*

*Sultan Benjamin*

*Camara Moctar*

**Effet des Perturbations Électriques sur les Appareils de Radiologie À Rayons X À Haute Fréquence (HF) Alimentés par le Réseau Électrique Camerounais: Cas des Coupures D'Énergie.....156**

*Kpalang Docta Basile*

*Onanena Raïssa*

*Ntsama Eloundou Pascal*

*Ndarwe Djakba*

*Ele Pierre*

*Njaka Manyol Eric Martial*

*Nana Nwedjiwe Narcisse*

**Visites Touristiques et Comportements des Singes Sacrés de Gbetitapéa,  
Centre-Ouest de la Côte d’Ivoire.....181**

*Célestin Yao Kouakou*

*Emilienne Ahou Kouadio*

*Didié Armand Zadou*

*Claude Victorien Kouakou*

*Béné Jean-Claude Koffi*

**Physico-Chemical, Microbiological and Antioxidant Properties of Some  
Local Honey Samples from Senegal.....200**

*Souleymane Aidara*

*Assane Dieng*

*Amadou Diop*

**Design of a Miniaturized Implantable PIFA with DGS for the  
Investigation of Uterus Fibroids.....211**

*Mousume Samad*

*Mostafizur Rahman*

*S. M. Shamim*

**Textilome Abdominal Chez L’enfant: Les Trois Premières Observations  
au Sénégal.....225**

*Camara Souleymane*

*Niane Aminah Oumoul Rassoul*

*Yonga Daniel Tenfa*

*Zeng Florent Tshibwid A.*

*Ndour Oumar*

*Ngom Gabriel*

**Intervención Contra la Caries Dental a Partir de Acciones de Protección Específica en un Grupo de Escolares de Seis a Once Años de la Alcaldía Iztapalapa de la Ciudad de México.....233**

*Adriano Anaya María del Pilar*

*Caudillo Joya Tomás*

*Caudillo Adriano Pilar Alejandra*

*Murrieta Pruneda José Francisco*

**Efecto d Baño Químico Con Ácido Cítrico y Ascórbico, Temperatura y Tiempo de Almacenamiento Sobre el Pardeamiento Enzimático en Persea Americana Mínimamente Procesada.....247**

*Lurys Ivette Martínez Marín*

*Angie Macías*

**Preparación y Usos de la Harina de Maíz en Antojitos Regionales en el Municipio de Escárcega, Campeche, México.....260**

*Cecilia Del Jesús López Velasco*

*Arianna Del Ángel Pacheco May*

*Bibiana Piedra Vázquez*

*Maximiliano Vanoye Eligio*

**Cartographie de L'accessibilité et Gouvernance Locale des Infrastructures Hydrauliques dans la Commune D'avrankou Au Sud-Est du Benin.....269**

*Zannou Sandé*

*Dossou Guedegbe Odile*

**Compact Spinning in Cotton-based Core-spun Yarn: A  
Review.....287**

*Ehsanur Rashid*

*Raihan Ul Haque*

*Rubel Khan*

**Caractéristiques Nutritionnelles D'un Pâturage de Jachère Dans la  
Savane de Korhogo, au Nord de la Côte d'Ivoire.....310**

*Gouagoua Séverin Kouadja*

*Adam Camille Kouame*

*Kouakou Eugène Kouadio*

*N'gouan Cyrille Kouassi*

*Brou Jean Kouao Jean Kouao*

**Socioeconomic and Cultural Importance of The Yellow-Fronted Canary  
(*Serinus Mozambicus*) in Northern Benin.....323**

*Adoté Hervé Gildas Akueson*

*Marcel Gbaguidi Alia*

*Sissou Zakari*

*Arcadius Yves Justin Akossou*



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Evaluation de Différents Types de Substrats sur Le Développement des Plantules de Palmiers À Huile (*Elaeis Guineensis* Jacq.) en Côte d'Ivoire**

***N'Guessan Assiénnin Hauverset***

Centre National de Recherche Agronomique, Laboratoire d'Entomologie,  
Station de Recherches de La Mé, Abidjan, Côte d'Ivoire

***Gogoue Dessan Obed***

Centre National de Recherche Agronomique, Laboratoire d'Agronomie-  
Physiologie, Station de Recherches de La Mé, Abidjan, Côte d'Ivoire

***Anougba Bossoma Danielle***

Centre National de Recherche Agronomique, Laboratoire d'Entomologie,  
Station de Recherches de La Mé, Abidjan, Côte d'Ivoire  
Université Nangui Abrogoua, Laboratoire d'Ecologie et Développement  
Durable des Ecosystèmes, Abidjan, Côte d'Ivoire

***Dembélé Inza***

Centre National de Recherche Agronomique, Service Exploitation, Station  
de Recherches de La Mé, Abidjan, Côte d'Ivoire

***Allou Kouassi***

Centre National de Recherche Agronomique Laboratoire d'Entomologie,  
Station de Recherche sur le cocotier, Marc Delorme, Port-Bouët, Abidjan,  
Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p1](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p1)

Submitted: 18 August 2021

Accepted: 20 September 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

N'Guessan A.H., Gogoue D.O., Anougba B.D., Dembélé I. & Allou K. (2021). *Evaluation de Différents Types de Substrats sur Le Développement des Plantules de Palmiers À Huile (Elaeis Guineensis Jacq.) en Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p1>

### **Résumé**

La Côte d'Ivoire, est le principal exportateur africain d'huile de palme au niveau de la CEDEAO. Pour maintenir sa production, de nombreuses pratiques telles que l'apport de fertilisants minéraux et organiques sont nécessaires. L'objectif général de cette étude était de comparer le développement des plantules de palmier à huile sur cinq (5) substrats



différents constitués du terreau, de la bouse de vache et de fibres de palmier en décomposition. Les résultats sur le dénombrement de plantules mortes ont montré un faible taux de mortalité au niveau du substrat constitué uniquement du terreau 100 %. L'évaluation de certains paramètres morphologiques a révélé une meilleure croissance des feuilles en longueur, un nombre important de feuilles, un meilleur poids frais, un gros diamètre et une meilleure couleur verte des feuilles riches en chlorophylle chez les plantules évoluées sur les substrats de 50 % de terreau, 25 % de Bouse de vache et 25 % de fibre de palmier, à l'exception des 100 % de terreau. Il serait bon de constituer des substrats à base de bouse de vache et de fibre de palmier pour un meilleur développement du palmier à huile en pré-pépinière.

---

**Mots clés:** Taux De Mortalité, Palmier À Huile, Pré-Pépinière, Substrat, Côte d'Ivoire

## **Evaluation of Different Types of Substrates on The Development of Oil Palm (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Plantlets in Côte d'Ivoire**

*N'Guessan Assiènin Hauverset*

Centre National de Recherche Agronomique, Laboratoire d'Entomologie,  
Station de Recherches de La Mé, Abidjan, Côte d'Ivoire

*Gogue Dessan Obed*

Centre National de Recherche Agronomique, Laboratoire d'Agronomie-  
Physiologie, Station de Recherches de La Mé, Abidjan, Côte d'Ivoire

*Anougba Bossoma Danielle*

Centre National de Recherche Agronomique, Laboratoire d'Entomologie,  
Station de Recherches de La Mé, Abidjan, Côte d'Ivoire

Université Nangui Abrogoua, Laboratoire d'Ecologie et Développement  
Durable des Ecosystèmes, Abidjan, Côte d'Ivoire

*Dembélé Inza*

Centre National de Recherche Agronomique, Service Exploitation, Station  
de Recherches de La Mé, Abidjan, Côte d'Ivoire

*Allou Kouassi*

Centre National de Recherche Agronomique Laboratoire d'Entomologie,  
Station de Recherche sur le cocotier, Marc Delorme, Port-Bouët, Abidjan,  
Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

Côte d'Ivoire is the main African exporter of palm oil in ECOWAS. In order to maintain its production, many practices such as the use of mineral and

organic fertilizers are necessary. The general objective of this study was to compare the development of oil palm seedlings on five (5) different substrates consisting of potting soil, cow dung, and decomposing palm fibers. The results on the count of dead seedlings showed a low mortality rate on the 100 % potting soil substrate. Evaluation of some morphological parameters revealed better leaf growth in length, a large number of leaves, better fresh weight, larger diameter and better green color of the chlorophyll-rich leaves in the evolved seedlings on the substrates of 50 % potting soil, 25 % cow dung, and 25 % palm fiber, except for the 100 % potting soil. It would be advisable to use cow dung and palm fiber substrates for better development of the oil palm in the pre-nursery.

---

**Keywords:** Mortality Rate, Oil Palm, Pre-Nursery, Substrate, Côte d'Ivoire

## **Introduction**

Le palmier à huile représente actuellement la plante oléagineuse qui a le meilleur rendement en huile à l'hectare (Rival et Levang, 2013). En effet, il assure 39 % de la production mondiale en huile végétale sur une fraction de terre agricole bien plus faible que celle consacrée aux autres plantes oléagineuses (Rival et Levang, 2013, LeCerfet al., 2016). La filière palmier à huile génère 200 000 emplois réguliers faisant vivre environ 2 millions d'habitants soit 10 % de la population ivoirienne (Palmci, 2014). La Côte d'Ivoire, produit actuellement environ 2 100 000 tonnes de régimes de palme à huile par an, soit 450 000 tonnes d'huile de palme (Palmafrique, 2018). Ainsi, elle compte augmenter sa production 800 000 tonnes d'ici 2025. La Côte d'Ivoire est le principal pays exportateur en Afrique Occidentale avec 60 % des exportations. Elle fournit le marché régional en huiles brutes et raffinées ainsi qu'en produits dérivés (Cheynset al., 2000). Cette importante place occupée par le palmier à huile parmi les plantes oléagineuses, est due à l'utilisation de fertilisants minéraux et organiques. En effet, cultivé sur des sols tropicaux généralement très altérés, le palmier à huile a besoin de quantités assez importantes d'engrais pour atteindre de bonnes productions. Malgré l'absence d'éléments minéraux dans l'huile produite, des quantités importantes de nutriments sont mobilisées par la plante pour sa croissance végétative et sa production (Caliman, 2007). Cependant, l'utilisation excessive de composés azotés peut entraîner une pollution des eaux de surface et de profondeur, ainsi que celui de l'air. Aussi dans un contexte actuel de protection de l'environnement, il convient de promouvoir les choix des pratiques agricoles par l'utilisation des engrais verts ou engrais organiques. Selon Tougma (2006), l'apport de matière organique est très favorable à la macrofaune et microflore du sol. En effet, les engrais verts améliorent la structure et la texture du sol et stimulent l'activité microbienne dans le sol

(Cedra, 1997). C'est dans cette optique que cette étude a été menée avec pour objectif général d'évaluer de l'effet de cinq (5) types de substrats sur le développement du palmier à huile en pré-pépinière. Spécifiquement, il s'agit d'évaluer le taux de mortalité des plantules de palmier à huile sur chaque substrat utilisé et de mesurer certains paramètres morphologiques tels que la vitesse de croissance en hauteur des plantules, le nombre de feuilles, la circonférence au collet des plants et l'aspect (couleur) des feuilles.

## Matériel et méthodes

### Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de graines germées de palmier à huile (*Elaeis guineensis*), de la variété Tenera de type C1001 classic (Figure 1). Cette variété est actuellement vulgarisée en Côte d'Ivoire et a une bonne production en huile (4,3 t/ha), une faible vitesse de croissance en hauteur (45 cm/an), une bonne qualité d'huile (Koutou et al., 2014, Tano et al., 2019).



Figure 1. Graines germées de la variété C1001 de type classic

## Méthodologie

### Site d'expérimentation

Les travaux ont été réalisés entre le mois de mars et juin 2020, à la Station du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)/Côte d'Ivoire particulièrement à La Mé situé entre 5° 26' Latitude Nord et 3° 50' Longitude Ouest. Cette station est située au Sud-Est de la Côte d'Ivoire, dans le district d'Abidjan, au Nord-Est de la ville d'Abidjan à 30 km, sur la route menant à Alépé, est bordée à l'Est par le fleuve Mé et au Sud par la lagune Aghien.

### Dispositif expérimental

Le dispositif utilisé est un bloc de Fisher totalement randomisé avec 5 traitements et 4 répétitions (Figure 2). Chaque traitement constitue un bloc de 1 200 graines germées. Le repiquage des graines germées a été fait après le remplissage des sachets des différents substrats. Un trou de 2 à 3 cm de profondeur est creusé au centre de chaque sachet au fond duquel est déposée

la graine. Un léger arrosage a été fait après le repiquage des graines germées. Ces graines germées plantées dans des sachets, ont été suivies depuis la levée jusqu'à l'âge de 4 mois, constituant le stade pré-pépinière. Chaque bloc est subdivisé en 4 sous-blocs de 300 graines germées, reparti de façon aléatoire dans chaque répétition. Les différents traitements sont :

- T: 100 % de terreau: il s'agit de la terre simple sans mélange;
- T-BV : 50 % de terreau + 50 % de bouse de vache avec d'un mélange d'une brouette de terreau simple et d'une brouette de bouse de vache;
- T-FP : 50 % de terreau 50% de fibres de palmier à raison d'une brouette de terreau simple et d'une brouette de fibre de palmier
- T-BV-FP : 50 % de terreau 25 % de bouse de vache et 25 % de fibres de palmier à raison de deux brouettes de terreau simple, une brouette de bouse de vache et une brouette de fibre de palmier;
- BV-FP : 50% de bouse de vache 50 % de fibres de palmier 50 avec deux brouettes de bouse de vache et deux brouettes de fibre de palmier.

CT	T-Bv	T-Fp	T-Bv-Fp	Bv-Fp
Bv-Fp	T	T-Bv	T-Fp	T-Bv-Fp
T-Bv-Fp	Bv-Fp	T	T-Bv	T-Fp
T-Fp	T-Bv-Fp	Bv-Fp	T	T-Bv

**Figure 2.** Dispositif expérimental en bloc de Fisher totalement randomisé

**T:** Terreau ; **Bv:** Bouse de vache; **Fp:** Fibres de palmier

### Paramètres étudiés

Après la levée, dans chaque bloc et dans chaque sous-bloc, un dénombrement mensuel des plantules a été fait afin de relever le nombre de plantules mortes ; ce qui a permis d'évaluer le taux de mortalité au niveau de chaque substrat. Trois mois après la levée, quelques paramètres morphologiques tels que longueur des plantules, la circonférence au collet, le nombre des feuilles, l'aspect des feuilles (coloration et la biomasse) ont été mesurés. Pour ce qui concerne, la coloration des feuilles des plantules, un score de 1 à 4 a été attribué comme suit :

- 1: vert pure
- 2: vert clair
- 3: vert pale
- 4: jaunâtre

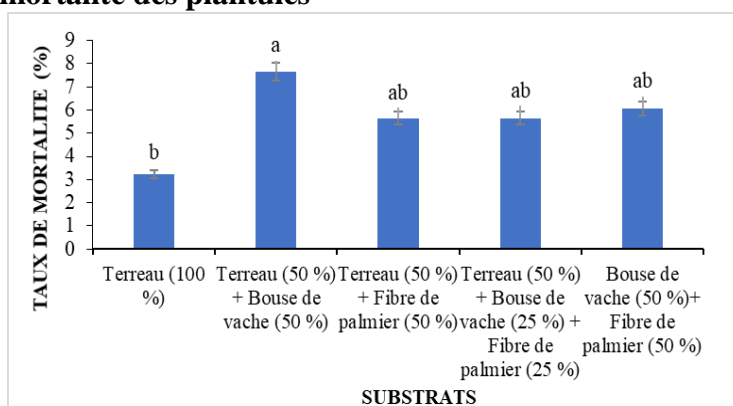
Concernant la biomasse, 30 plantules dans chaque substrat ont été prélevées par répétition puis pesées à l'aide d'une balance de précision 0,001g et de marque Adventurer.

### Analyse des données

Toutes les données ont été soumises à une analyse de variance à l'aide de la procédure Général Linear Model du logiciel SAS 9.4. La comparaison des moyennes a été réalisée avec le test de LSD (Low Significant Difference) au seuil  $\alpha$  de 5%.

## Résultats

### Taux de mortalité des plantules



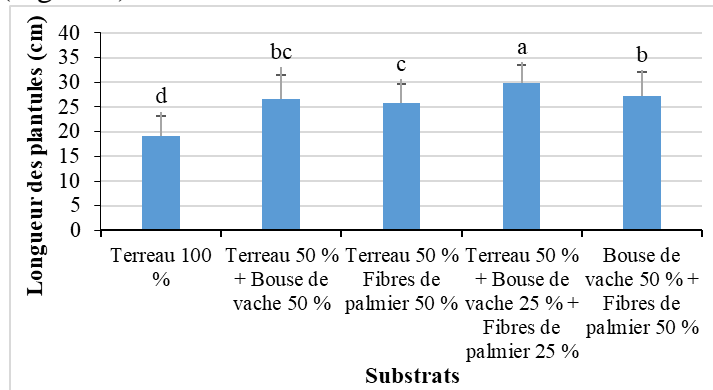
**Figure 3.** Taux de mortalité des plantules de palmier à huile en fonction des substrats  
Les barres surmontées des mêmes lettres ne sont pas très différentes au seuil  $\alpha$  de 5 % (LSD)

Le taux de mortalité de plantules sur le substrat composé de 50 % de terreau + 50 % de bouse de vache a été de  $7,65 \pm 2,94$  %. Ces taux de mortalité ont varié selon les différents substrats utilisés en allant de  $5,65 \pm 3,73$  % pour 50 % de terreau + 50 % de fibres de palmier à  $6,05 \pm 3,53$  % pour 50 % de terreau + 25 % de bouse de vache et 25 % de fibre de palmier et 50 % de Bouse de vache + 50 % de fibre de palmier. Cependant, sur les 100 % de terreau, le taux de mortalité a été de  $3,24 \pm 0,49$  % (Figure 3). L'analyse des variances a montré des différences significatives ( $p = 0,046 < 0,05$ ) entre les substrats au regard des taux de mortalité des plantules de palmier à huile.

### Longueur des plantules

La mensuration de la longueur moyenne des plantules sur le substrat composé de 50 % de terreau + 25 % de bouse de vache + 25 % de fibres de palmier a été de  $29,90 \pm 3,69$  cm. Les longueurs de plantules observées respectivement sur les 50 % de bouse de vache + 50 % de fibres de palmier, les 50 % de terreau + 50 % de bouse de vache et les 50 % de terreau + 50 %

de fibres de palmier ont été de  $27,17 \pm 4,91$  cm,  $26,70 \pm 4,86$  cm et  $25,76 \pm 3,95$  cm. Cependant la longueur moyenne de plantules observée avec les 100 % de terreau a été de  $19,13 \pm 4,12$  cm. Les longueurs moyennes des plantules sont statistiquement différentes ( $P = 0,0001 < 0,05$ ) au regard des différents substrats (Figure 4).

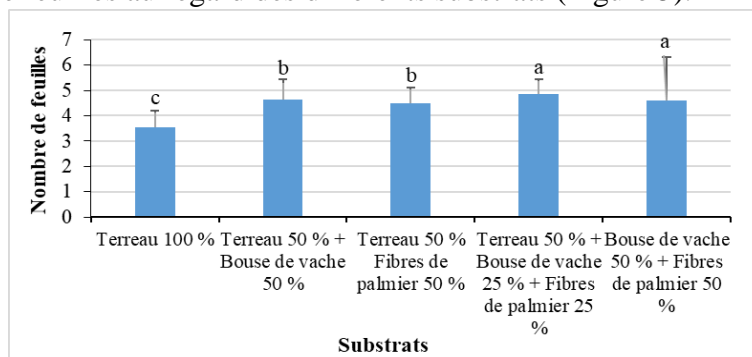


**Figure 4.** Mesure de la longueur des plantules

Les barres surmontées des mêmes lettres ne sont pas très différentes au seuil  $\alpha$  de 5 % (LSD)

### Nombre de feuilles des plantules

Les résultats du dénombrement des feuilles des plantules de palmier à huile ont montré qu'au niveau du substrat 50 % de terreau + 25 % de bouse de vache + 25 % de fibres de palmier, le nombre moyen de feuilles a été de  $4,87 \pm 0,56$  feuilles. Le nombre moyen de feuilles obtenu avec les 50 % de terreau + 50 % de bouse de vache, 50 % de terreau + 50 % de fibres de palmier et 50 % de bouse de vache + 50 % de fibres de palmier est comprise entre  $4,49 \pm 0,63$  feuilles et  $4,63 \pm 0,80$  feuilles. Avec les 100 % de terreau, le nombre moyen de feuilles a été de  $3,53 \pm 0,66$  feuilles. Ainsi, l'analyse de variance a montré des différences significatives ( $P = 0,0001 < 0,05$ ) entre le nombre moyen de feuilles au regard des différents substrats (Figure 5).

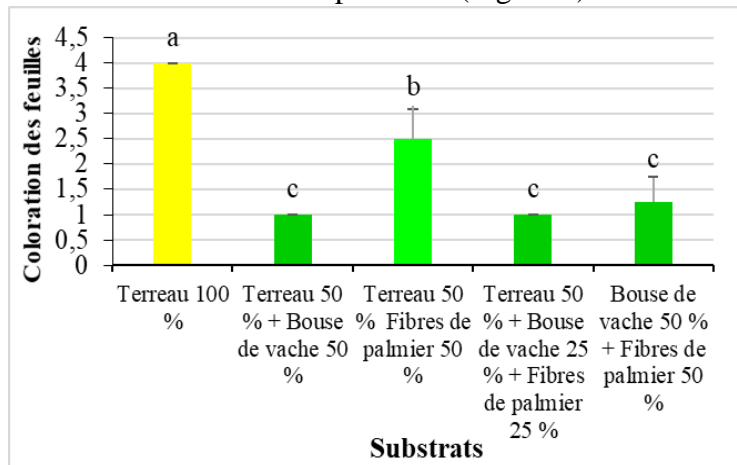


**Figure 5.** Nombre moyen de feuilles des plantules en fonction des substrats

Les barres surmontées des mêmes lettres ne sont pas très différentes au seuil  $\alpha$  de 5 % (LSD)

### Couleur des feuilles des plantules

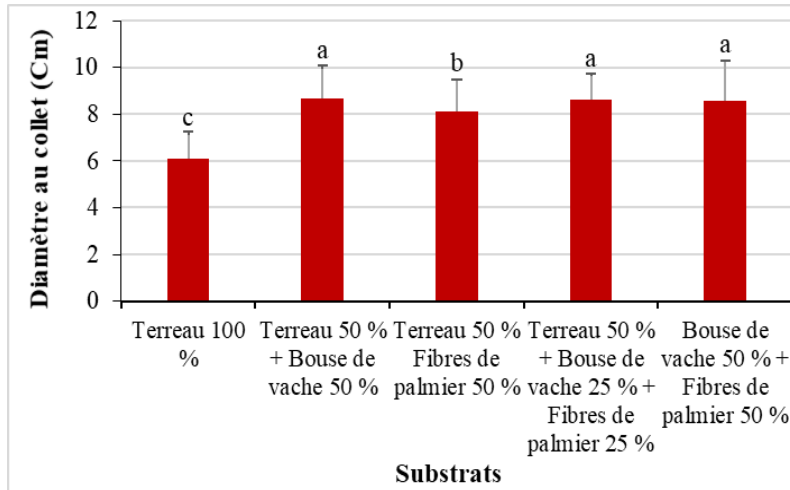
L'analyse de la couleur des feuilles a montré que les plantules possédant les feuilles jaunâtres ont été répertoriées sur les 100 % de terreau avec une moyenne de  $4 \pm 0,0$ . Les feuilles des plantules sur les 50 % de terreau + 50 % de fibres de palmier sont de couleur vert clair avec une moyenne de  $2,5 \pm 0,59$ . La couleur vert pure a été observée sur les plantules évoluant respectivement sur 50 % de terreau + 25 % de bouse de vache + 25 % de fibres de palmier et 50 % de Bouse de vache + 50 % de fibres de palmier avec des valeurs comprises entre  $1 \pm 0,0$  et  $1,25 \pm 0,5$ . Ainsi, l'analyse de variance a montré des différences significatives ( $P = 0,0001 < 0,05$ ) entre les substrats au regard de la couleur des feuilles des plantules (Figure 6).



**Figure 6.** Observations sur la coloration des feuilles des plantules en fonction des substrats  
Les barres surmontées des mêmes lettres ne sont pas très différentes au seuil  $\alpha$  de 5 % (LSD)

### Diamètre au collet

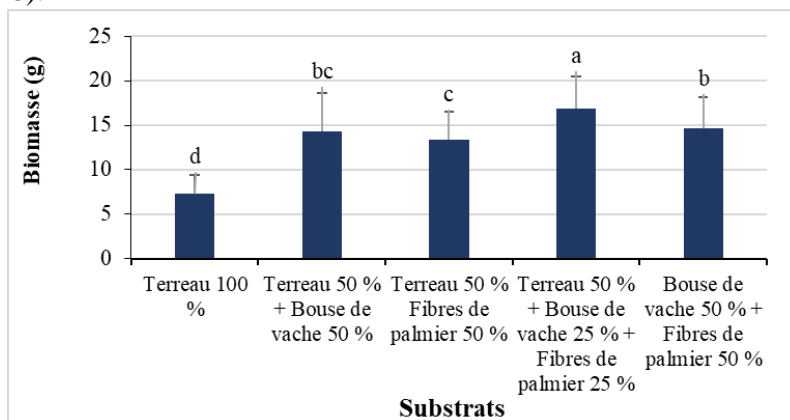
Les mesures du diamètre au collet des plantules ont donné des valeurs respectives de  $8,57 \pm 1,71$  cm au niveau des substrats composés de 50 % de bouse de vache + 50 % de fibres de palmier,  $8,62 \pm 1,32$  cm au niveau des 50 % de terreau + 25 % de bouse de vache + 25 % de fibres de palmier et  $8,66 \pm 1,40$  cm pour 50 % de terreau + 25 % de bouse de vache. La mesure du diamètre au collet a été de  $8,12 \pm 1,35$  cm au niveau des 50 % de terreau + 50 % de fibres de palmier. Cependant avec le Terreau simple (100 %), le diamètre au collet des plantules a été de  $6,11 \pm 1,14$  cm. Toutes ces valeurs sont statistiquement différentes ( $P = 0,0001 < 0,05$ ) (Figure 7).



**Figure 7.** Mesure du diamètre au collet des plantules  
Les barres surmontées des mêmes lettres ne sont pas très différentes au seuil  $\alpha$  de 5 % (LSD)

### Biomasse fraîche

Les résultats obtenus quant à la biomasse fraîche ont révélé un poids frais moyen de  $16,86 \pm 3,56$  g avec le substrat composé de 50 % de terreau + 25 % de bouse de vache + 25 % de fibres de palmier. Le poids frais moyen obtenu avec le substrat composé de 50 % de bouse de vache + 50 % de fibres de palmier a été de  $14,69 \pm 3,42$  g. Le poids frais moyen obtenu avec les 50 % de terreau + 50 % de bouse de vache et les 50 % de terreau + 50 % de fibres de palmier a été respectivement de  $14,25 \pm 4,32$  g et  $13,41 \pm 3,09$  g. Cependant, un poids frais moyen de  $7,26 \pm 2,18$  g a été obtenu avec les 100 % de terreau. Ces résultats sont statistiquement différents ( $P = 0,0001 < 0,05$ ) (Figure 8).



**Figure 8.** Mesures de la biomasse fraîche des plantules en fonction des substrats  
Les barres surmontées des mêmes lettres ne sont pas très différentes au seuil  $\alpha$  de 5 % (LSD)



## Discussion

Une bonne production du palmier à huile implique un développement de la plante. De ce fait, la fertilité des sols sous palmiers signifie qu'un apport conséquent de nutriments minéraux ou organiques a été réalisé, ce qui a permis d'améliorer la structure de ces sols. Selon (Cedra, 1997), les engrais verts améliorent la structure du sol et stimulent l'activité microbienne dans le sol. Cette étude basée sur l'utilisation de différents substrats pour comparer le développement de plantules de palmiers à huile en pré-pépinière, a révélé un taux de mortalité élevé des plantules sur le substrat composé de 50 % de terreau + 50 % de Bouse de vache. Ce fort taux de mortalité observé sur ce substrat pourrait s'expliquer par le fait que ce substrat serait contaminé par certains organismes phytopathogènes, entraînant la mort d'un nombre élevé de plantules. Selon Jean-Damien (2004), les Nématodes, Enchytrées, Lombrics, Acariens, Collembolés et la microflore (bactéries, champignons et protozoaires) indispensable dans le processus de minéralisation, constituent le reste de la faune des bouses. En effet, certains de ces organismes seraient nuisibles aux plantules de palmiers à huile. Cependant, un faible taux de mortalité a été observé sur les 100 % de Terreau. Cela serait dû à un bon choix du terreau. Le terreau de forêt prélevé dans les 10 premiers centimètres de sol, de préférence léger et humifère est bon pour la pré-pépinière de palmier à huile (Jacquemard, 2013).

Au cours de cette étude, certains paramètres morphologiques des plantules ont été mesurés. La mensuration de la longueur des plantules a montré que sur les substrats 50 % de terreau + 25 % de bouse de vache + 25 % de fibres de palmier et 50 % de bouse de vache + 50 % de fibres de palmier, les longueurs des plantules sont plus élevées. En effet, ces substrats contiendraient suffisamment de nutriments, nécessaires à un développement rapide des plantules. La bouse de vache contient des teneurs élevées en phosphore total, phosphore soluble dans l'eau et azote total (Beenaert et Bitongo, 2004), en plus des autres constituants organiques contenus dans le terreau et les fibres de palmiers. Ce qui aurait permis une croissance rapide des plantules. Par contre pour les faibles longueurs de plantules sur les 100 % de Terreau, il y aurait une insuffisance de matières organiques et minérales dans le terreau simple. Ce qui a eu pour conséquence le ralentissement de la croissance des plantules sur ce substrat.

L'évaluation du nombre de feuilles a donné un nombre plus élevé de feuilles sur tous les substrats excepté le terreau simple sur lequel un faible nombre a été observé. Ce résultat corrobore ceux de Ognalaga et al. (2017) qui ont indiqué que la combinaison de la fumure organique et minérale améliore significativement de la croissance, la production et le rendement de la variété du manioc, expliquant ainsi le nombre élevé de feuilles sur les substrats composés de 50 % de terreau + 25 % de bouse de vache + 25 % de fibres de

palmier, 50 % de terreau + 50 % de bouse de vache, 50 % de terreau + 50 % de fibres de palmier, et 50 % de Bouse de vache + 50 % de fibres de palmier par rapport aux 100 % de terreau dans l'étude.

Les résultats des mesures du diamètre au collet des plantules ont révélé que les plantules observées sur les 50 % de terreau + 50 % de bouse de vache, 50 % de terreau + 25 % de bouse de vache + 25 % de Fibres de palmier, 50 % de bouse de vache + 50% de fibres de palmier ont eu une circonférence élevée par rapport autres substrats. Selon les travaux de Bakayoko et al. (2019), l'association de la bouse de vache et les autres constituants organiques entraîne une augmentation de la litière organique, consécutive à une amélioration de la fertilité du sol au niveau de ces substrats. En effet, les engrais organiques permettent au sol d'avoir une grande capacité de rétention des éléments nutritifs et de l'eau, et une grande capacité d'échange cationique, entraînant ainsi une augmentation des diamètres au collet des plantules.

Au niveau de la biomasse, les résultats obtenus montrent que les 50 % de terreau + 25 % de bouse de vache + 25 % de fibres de palmier et 50 % de bouse de vache + 50 % de fibres de palmier ont donné des poids frais supérieurs autres substrats. Cela pourrait être dû à une bonne nutrition minérale et organique des plantules. La viabilité d'une terre dépend avant tout de sa richesse en humus (Tognetti et al., 2008), ce qui fait de l'utilisation des déjections animales une pratique courante en agriculture et constitue une valorisation des sous-produits de l'élevage fortement vulgarisés par l'agriculture biologique. Aussi, les fibres de palmier obtenues à partir des stipes en décomposition et les rafles, riches en matière organique et éléments fertilisants servent de compostage dans la plantation (CNUCED, 2016). Tous ces éléments auraient servi à enrichir le sol et nourrir les plantules, donc à augmenter leur poids.

Quant à la couleur des feuilles des plantules, la couleur verte a été observée sur tous les substrats à l'exception des 100 % de terreau où les feuilles étaient de couleur jaunâtre. Cette couleur jaunâtre des feuilles sur terreau simple peut être due à l'absence de certains éléments minéraux ou organiques dans le sol dont les plantules ont besoin pour leur croissance. Ce qui aurait eu pour conséquence le faible taux de chlorophylles dans les plantules sur le terreau simple. Guilbault (2003) et Jacquemard (2011) stipulaient que la déficience azotée se caractérise par une teinte vert-jaune à jaune des jeunes feuilles de palmier. En outre, Jacquemard (2011) a indiqué que les carences en soufre sont rares mais peuvent apparaître sur des sols ferrallitiques très désaturés, surtout sur des arbres jeunes. Alors que le site d'étude, la station de recherche de la Mé est composée de sols désaturés (Kabrah et Ballo, 2000) à l'origine de la couleur jaunâtre des plantules sur le substrat composé de 100 % de terreau

## Conclusion

Les résultats obtenus lors de cette étude ont montré que les plus forts taux de mortalité ont été constatés sur les substrats comportant la bouse de vache probablement du fait la présence de certains organismes phytopathogènes tandis que les plus faibles taux ont été observés les 100 % de terreau. Par ailleurs, l'évaluation des paramètres morphologiques a révélé une longueur des feuilles élevée, un nombre important de feuilles, un poids frais élevé, une circonférence élevée et une bonne quantité de chlorophylle (couleur verte) chez les plantules évoluant sur tous les substrats surtout sur le substrat composé de 50 % de terreau + 25 % de bouse de vache + 25 % de fibres de palmier, à l'exception du terreau 100 %. Il serait bon de constituer des substrats à base de bouse de vache et de fibres de palmier pour un meilleur développement du palmier à huile en pré-pépinière.

## Remerciements

Les remerciements vont à l'endroit du service Exploitation du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de la Mé, qui a bien voulu aider à la mise en œuvre de ce travail.

## References:

1. Avit L.F.J.B., Pedia P.L., Sankaré Y., 1999. Diversité biologique de la Côte d'Ivoire. Rapport de synthèse. Ministère de l'Environnement et de la Forêt. 273 p.
2. Bakayoko S., Abobi A.H.D., Konate Z., Toure N.U., 2019. Effets comparés de la bouse de bovins séchée et de la sciure de bois sur la croissance et le rendement du maïs (*Zea mays* L.). *Agronomie Africaine*, N° Spécial (8).
3. Beenaert F., Bitongo D., 2004. Simple end practical methods to evaluate analytical data of soil profiles. Soil science Departement. Belgian Cooperation-Centre Universitaire de Dschang, Cameroun, 66p.
4. Caliman J.P., 2007. La fertilisation du palmier à huile. Performance des systèmes de culture des plantes pérennes, Cirad, Riau, Indonésie, 2p.
5. Cedra C., 1997. Les matériels de fertilisation et de traitement des cultures. Collections Formagri. Bialec (France), 343 p.
6. Cheyins E., Akindes F. et Adié A.F., 2000. "La filière palmier à huile en Côte d'Ivoire 3 ans après la privatisation : état des lieux d'un procès de recomposition institutionnelle, OCL. Oléagineux Corps gras Lipides, 7 (2): 166-171. <https://doi.org/10.1051/ocl.2000.0166>
7. CNUCED, 2016. Huile de palme. Conférence des nations unies sur le commerce et le développement, New york et Genève, 21 p.

8. Guilbault P., 2004. Gestion de l'azote à la vigne et au chai. Synthèse d'expérimentation 2000-2003. Contrat de plan Etat-Région Aquitaine. Chambre d'Agriculture de la Gironde, 24 p.
9. Jacquemard J.C., 2011. Le palmier à huile. Collection «Agricultures tropicales en poche», Ed. Quæ, Versailles, 275 p.
10. Jacquemard J.C. 2013. Le palmier à huile en plantation villageoise. Collection «Agricultures tropicales en poche», Ed. Quæ, Versailles, 142 p.
11. Jean-Damien C., 2004. La bouse: historique, importance et écosystème. Thèse pour le Doctorat Vétérinaire : Diplôme d'état, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, France, 82 p.
12. Kabrah Y. et Ballo K., 2000. "Caractéristiques chimiques du sol sous palmeraie" *Cahiers Agricultures*, 9(1), 73-76.
13. Koutou A., Cochard B., Durand- gasselin T., 2014. "Fluidité de l'huile produite par des arbres du second cycle de sélection récurrente réciproque chez le palmier à huile (*Elaeis guineensis* JACQ)", *Agronomie Africaine*, 26 (3): 275–280.
14. LeCerf J.M., Cagliari S.B., Hornstra G., 2016. L'histoire de l'huile de palme : Faits et chiffres. European Palm Oil Alliance, 18 p.
15. Ognalaga M., M' Akoué D.M., Medza Mve S.D., Ovono P.O., 2017. "Effet de la bouse de vaches, du NPK 15 15 15 et de l'urée à 46% sur la croissance et la production du manioc (*Manihotesculenta* Crantz var 0018) au Sud-Est du Gabon (Franceville)", *Journal of Animal & Plant Sciences*, 31 (3) 5063-5073. <http://www.m.elewa.org/JAPS>
16. Palmafrrique, 2018. Le palmier à huile dans l'économie Ivoirienne. [Online] <http://www.palmafrrique.com/lhuile-de-palme-dans-leconomie-ivoirienne/> (06 Juin 2020).
17. Palmci. 2014. Rapport annuel, 25 p.
18. Rival A., Levang P., 2013. La palme des controverses : Palmier à huile et enjeux de développement, Ed. Quæ, 38 – 49.
19. Tano E.K., Konan J.N., Alla-N'Nan O., Akanvou R., Nguetta A.S.P., Konan E.K., 2019. "Etude des performances génétiques des descendances parentales issues de deux systèmes de reproduction de géniteurs utilisés en production de semences sélectionnées de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.)", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13 (3) : 1800-1816.
20. Tognetti C., Mazzarino M.J., Laos F., 2008. "Compost of municipal organic waste: effects of different management practices on degradability and nutrient release capacity", *Soil Biology and Biochemistry*, 49: 2290-2296.

21. Tougma R., 2006. Effets de la fertilisation organique et minérale sur la production en biomasse et en huile essentielle de la citronnelle (*Cymbopogon citratus* (D.C) STAPF) dans la région des cascades (Ouest du Burkina Faso). Mémoire de fin d'études de l'IDR, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), 60 p.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

**Effets de Dix (10) Variétés de Sésame (*Sesamum indicum* (L.)) en Association avec Le Niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) dans la Lutte Contre *Striga Gesnerioïdes* (Willd.) Vatke. au Niger**

***Amadou Mounkaila Hamissou***  
***Amoukou Adamou Ibrahim***  
***Zangui Hamissou***

Département de Productions Végétales, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niamey, Niger

***Boureima Seyni***

Département de Productions Végétales Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Maradi, Niger.

***Naino Jika Abdel Kader***

Alliance of Bioversity International and International Center for Tropical Agriculture (CIAT)

Headquarters, via dei Tre Denari, Maccaresse, Rome, Italy

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p15](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p15)

Submitted: 23 August 2021

Accepted: 12 October 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Amadou Mounkaila H., Amoukou Adamou I., Zangui H., Boureima S. & Naino Jika A.K. (2021). *Effets de Dix (10) Variétés de Sésame (*Sesamum indicum* (L.)) en Association avec Le Niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) dans la Lutte Contre *Striga Gesnerioïdes* (Willd.) Vatke. au Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 15.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p15>

## Résumé

*Striga gesnerioïdes* est une plante parasite qui cause des dégâts importants sur le niébé et les méthodes de lutte testées restent insatisfaisantes. L'étude vise à mettre au point, une référence de technique d'association sésame-niébé pour contribuer à lutter efficacement contre *Striga gesnerioïdes*. À cet effet, un dispositif en Split-Plot est utilisé sur un terrain naturellement infesté par *Striga gesnerioïdes*. Trois comptages à des périodes différentes (42, 56 et 70 jours après semis) du nombre de plants de *Striga gesnerioïdes* émergés par poquet de niébé ont été réalisés. Ainsi, en association dans le

même poquet (sésame + niébé), les variétés de sésame EF 146, HC 110, ICN 130, HB 168, Vgr 156 et EF 147 sont efficaces pour atténuer l'émergence de striga. En alternance de poquets (niébé et sésame), les variétés de sésame EF 146, HC 110, ICN 137, EF 147 et 38-1-7 sont efficaces contre striga. Et les variétés de sésame EF 146, Vgr 156, HC 108 et 38-1-7 ont montré leurs efficacités en alternance de lignes avec le niébé. EF 146 est la seule variété de sésame efficace dans toutes les trois mesures de protections. Ces résultats pourraient être vulgarisés au niveau des producteurs de niébé pour booster sa production au niveau national, voir mondial.

---

**Mots clés:** *Striga gesnerioides*, *Sesamum indicum*, *Vigna unguiculata*, Plante Piège, Niger

## **Effects of Ten (10) Varieties of Sesame (*Sesamum Indicum* (L.)) in Association With Cowpea (*Vigna Unguiculata* (L.) Walp) in The Control of *Striga Gesnerioides* (Willd.) Vatke in Niamey, in Niger**

*Amadou Mounkaila Hamissou*

*Amoukou Adamou Ibrahim*

*Zangui Hamissou*

Département de Productions Végétales, Faculté d'Agronomie, Université  
Abdou Moumouni de Niamey, Niamey, Niger

*Boureima Seyni*

Département de Productions Végétales Faculté d'Agronomie et des Sciences  
de l'Environnement, Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Maradi,  
Niger.

*Naino Jika Abdel Kader*

Alliance of Bioversity International and International Center for Tropical  
Agriculture (CIAT)

Headquarters, via dei Tre Denari, Maccarese, Rome, Italy

---

### **Abstract**

*Striga gesnerioides* is a parasitic plant that causes significant damage to cowpea and the control methods tested remain unsatisfactory. The study aims to develop a technical reference of sesame-cowpea association to contribute to the effective control of *Striga gesnerioides*. For this purpose, a Split-Plot device is used on land naturally infested by *Striga gesnerioides*. Three counts at different periods (42, 56 and 70 days) of the number of emerged *Striga gesnerioides* plants per cowpea were made. Thus, in combination in the same plot (sesame + cowpea), the sesame varieties EF 146,

HC 110, ICN 130, HB 168, Vgr 156 and EF 147 are effective in mitigating *Striga* emergence. In alternating rows (cowpea and sesame), the sesame varieties EF 146, HC 110, ICN 137, EF 147 and 38-1-7 were effective against *striga*. And the sesame varieties EF 146, Vgr 156, HC 108 and 38-1-7 showed their efficacy in alternating rows with cowpea. EF 146 is the only sesame variety that is effective in all three protective measures. These results could be disseminated to cowpea producers to boost its production at the national and even global level.

---

**Keywords:** *Striga gesnerioides*, *Sesamum indicum*, *Vigna unguiculata*, Trap Plant, Niger

## Introduction

Tout comme le niébé, le sésame occupe sur le plan mondial une place importante et joue des fonctions multiples. C'est le cas de ses grains qui sont utilisés dans la pâtisserie, pour extraire de l'huile de haute qualité et aussi dans la fabrication des produits cosmétiques. L'huile de sésame possède des propriétés thérapeutiques (Boureima et al., 2012; Okandza et al., 2017; Pathak et al., 2017).

Outre ces fonctions, le sésame joue un rôle important sur le plan agroécologique (Hamissou et al., 2020). En effet, un savoir endogène des producteurs de niébé, confère au sésame le rôle de plante piège contre *Striga gesnerioides*. Cette plante parasite redoutable occasionne des pertes de rendements en grains de niébé au Sahel d'environ 75% de la production au niveau national et à 100 % au niveau d'un champ en Afrique de l'Ouest (Kgosi et al., 2012 ; Spallek et al., 2013). À cet effet, plusieurs méthodes de lutte (physique, mécanique, chimique et culturale) sont expérimentées sans succès (Olivier, 2008) avec des insuffisances d'ordre social, économique et environnemental (Zia et Khan, 2002 ; Olupot et al., 2003). La lutte biologique contre les plantes parasites est inscrite dans le concept de la gestion intégrée des mauvaises herbes en malherbologie qui fait appel généralement, à l'utilisation des microorganismes (bactérie, champignon, virus) et en particulier des organismes (plante piège) (Waters et al., 2017; Samejima et al., 2018 ; Kondi et al., 2018). En milieu paysan, le sésame est utilisé comme plantes pièges de *Striga gesnerioides* à travers des techniques d'association avec les plantes hôtes comme le niébé. Ainsi, cette étude porte sur « **Effets de dix (10) variétés de sésame (*Sesamum indicum* (L.) en association avec le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) dans la lutte contre *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke au Niger** ». Le but de cette étude est de mettre en place une référence en technique d'association niébé-sésame pour lutter efficacement contre *Striga gesnerioides*.



## **Matériel et Méthodes**

### **Site expérimental**

L'essai a été conduit sur le site expérimental de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey entre la latitude Nord 13°29'56'', la longitude Est 02°05'30'' et l'altitude 206,35 m pendant la campagne d'hivernage 2019.

### **Matériel végétal**

Le matériel végétal utilisé est constitué de la variété de niébé IT 90 K-372-1-2 et de dix (10) variétés de sésame à savoir : HC108, HC110, ICN137, ICN130, HB168, Vgr 156, Birkan, 38-1-7, EF147 et EF146.

### **Méthodologie**

L'essai a été conduit sur un site naturellement infesté de *Striga gesnerioïdes*. Un dispositif expérimental en Split-Plot à deux répétitions a été utilisé sur une superficie de 2 354 m<sup>2</sup> (53,5 m x 44 m), avec une densité de semis de 1m x 1m. Il est constitué d'un facteur principal (variétés de sésame) et d'un facteur secondaire (les traitements). Les traitements sont : traitement 1 : association sésame + niébé dans le même poquet ; traitement 2 : alternance d'un poquet de sésame et d'un poquet de niébé ; traitement 3 : alternance d'une ligne de sésame et d'une ligne de niébé ; traitement 4 (témoin) : culture pure de sésame et traitement 5 (témoin) : culture pure niébé. Conduite de la culture : Le semis a été réalisé après une pluie utile de 13,5 mm. Le démariage a été effectué à deux plants / poquet pour chaque espèce (sésame et niébé). Deux semaines après la levée, un seul sarclage est réalisé suivi par l'application de 5 g par poquet d'engrais NPK (15-15-15) en micro-dose localisée. Un désherbage hebdomadaire manuel et continu a été réalisé en cas de besoins jusqu'à la fin de l'essai.

### **Observations**

Les plants de *Striga gesnerioïdes* émergés par poquet de niébé sont comptés à trois périodes du cycle à savoir 42, 56 et 70 jours après semis (JAS).

### **Analyses statistiques**

Une analyse de variance au seuil de 5 % est faite sur les données du nombre de plants de *Striga gesnerioïdes* émergés avec le logiciel « Genstat 9<sup>th</sup> Edition ». Pour les résultats significatifs, un test de comparaison de moyennes est réalisé avec la méthode de Duncan.

### **Résultats**

L'analyse de variance (Tableau I) réalisé sur le nombre de striga émergés à trois (3) périodes du cycle de la culture (42, 56 et 70 JAS) montre

que l'infestation du striga n'est pas homogène dans les blocs. Ce qui prouve qu'il y a une hétérogénéité de l'inoculum du parasite sur le terrain d'expérimentation, qui est observable dès le 56<sup>em</sup> JAS (observation médiane).

En revanche, l'effet variétal de sésame n'est significatif qu'à 70 JAS (dernière observation), alors que celui des techniques d'associations est observable dès le 42<sup>em</sup>JAS la (1<sup>ere</sup> observation).

L'interaction variété de sésame et techniques d'associations ne devient significatif que vers la fin du cycle à partir de 70<sup>em</sup> JAS (dernière observation).

**Tableau I.** Analyse de variance (1<sup>ere</sup> ; médiane et dernière observations)

Origine de variation	1 <sup>ere</sup> observation (42 JAS)			Observation médiane (56 JAS)			Dernière observation (70 JAS)		
	d.d. 1	F	Pr	d.d.l	F	Pr	d.d.l	F	Pr
Blocs	1	0,29		1	0,02		1	00,0	
Blocs x Sous blocs									
Variétés	9	1,30	0,350	9	2,38	0,106	9	3,35	0,043
Résiduelle	9	1,03		9	2,07		9	3,01	
Blocs x Sous blocs x Parcelles									
Techniques d'associations	4	4,54	0,004	4	20,39	0,001	4	43,98	0,001
Techniques associations x Variétés	36	0,68	0,879	36	1,52	0,099	36	3,81	0,001
Résiduelle	40			40			40		
Total	99			99			99		

**Légende:** d.d.l.: degré de liberté ; F: valeur du test Fisher ; Pr.: probabilité observée ; JAS: Jours Après Semis

Les comparaisons des moyennes des combinaisons techniques d'associations X sésames (Tableau II) montrent que c'est avec les variétés de sésames EF 146, HB 168, HC110, ICN 130 et Vgr 156 que les meilleurs effets d'atténuation de l'infestation de striga sont obtenus et ceux quel que soit le type d'association. D'ailleurs, même la tendance montre que c'est dans le même poquet que l'effet est meilleur. En revanche, les autres variétés de sésame (38-1-7, Birkan, EF 147, HC 108 et ICN 137) ont tendance à stimuler l'émergence du striga et surtout quand elles sont associées dans les mêmes poquets avec le niébé par rapport aux alternances (alternance de poquets et alternance de lignes) de sésame avec le niébé.

**Tableau II.** Comparaison des moyennes du nombre de plants de *Striga gesnerioides* émergés par poquet de niébé (70 JAS) et groupes homogènes

Techniques d'associations										
Techniques Associations	Alternance Lignes		Alternance Poquets		Dans Poquets		Témoin Niébé		Témoin Sésame	
Moyennes	22 B		23 B		41 C		56 D		0 A	
Variétés de sésame										
Variétés	38-1-7	Birka n	EF 146	EF 147	HB 168	HC 108	HC 110	ICN 130	ICN 137	Vgr 156
Moyennes	33 AB	42 B	13 A	45 B	11 A	45 B	14 A	12 A	35 AB	36 AB
Techniques d'association x Variétés de sésame										
	38-1-7	Birka n	EF 146	EF 147	HB 168	HC 108	HC 110	ICN 130	ICN 137	Vgr 156
Alternance Lignes	25 AB	27 AB	14 A	44 BC	13 A	35 B	14 A	13 A	20 AB	18 A
Alternance Poquets	23 AB	43 BC	13 A	29 AB	10 A	52 BC	15 A	14 A	26 AB	10 A
Dans Poquets	28 AB	99 CD	5 A	45 BC	6 A	82 C	11 A	10 A	38 B	9 A
Témoin Niébé	91 C	40 B	32 AB	107 CD	29 AB	58 BC	29 AB	26 AB	93 C	59 BC
Témoin Sésame	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A	0 A

## Discussion

*Striga gesnerioides* est une plante parasite redoutable des légumineuses. Au Niger, cette plante parasite infeste les terres arables destinées à la production de niébé. Cette étude a été réalisée sur un terrain avec une infestation naturelle et hétérogène de *Striga gesnerioides*, qui est observable dès le 56<sup>ème</sup> jours après semis. D'ailleurs, Satta *et al.*, (2018), montrent que la répartition de l'infestation naturelle de la plante parasite *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke est localisée et varie d'une manière générale en fonction des zones de production au Niger.

Les variétés de sésame EF 146, HC 110, ICN 130, HB 168 et Vgr 156 qui provoquent un effet variétal positif de plantes pièges contre *Striga gesnerioides* corroborent les travaux de Ouédraogo *et al.* (2018) qui ont montré l'existence d'une plante piège *Polygala rarifolia*, contre *Striga hermonthica*, avec comme effet une réduction efficace de la germination et du développement de la plante parasite. Ces résultats confirment aussi l'effet de plante piège de sésame contre *Striga hermonthica* (Hamissou *et al.*, 2020).

Dembele (1988) ; Kayentao (2008) ; Siame *et al.* (1993) ont longtemps préconisé plusieurs plantes pièges en Afrique de l'Ouest, parmi lesquelles le soja, l'arachide, le coton et l'oseille. Les espèces pérennes comme *Cassia obtusifolia* et *Cardiospermum halicacabum* ont longtemps aussi été utilisées comme plantes pièges de *Striga* (Dubé et Olivier, 2001 ; Lado *et al.*, 2018; Leandre *et al.*, 2018).

Il ressort des résultats que l'efficacité de l'utilisation de la combinaison de sésame et de niébé pour le contrôle de *Striga gesnerioides* dépend des

variétés de sésame et du type de technique d'association utilisée. C'est ainsi que les variétés de sésame EF 146, HC 110, ICN 130, HB 168, Vgr 156 et EF 147 sont efficaces pour atténuer l'émergence de *Striga gesnerioides* surtout en association dans le même poquet avec le niébé. Les variétés de sésame EF 146, HC 110, ICN 137, EF 147 et 38-1-7 sont efficaces contre striga en alternance de poquet avec le niébé. Les variétés de sésame EF 146, Vgr 156, HC 108 et 38-1-7 montrent aussi leur efficacité en alternance de lignes avec le niébé. Selon Hamissou *et al.* (2020), l'utilisation de l'une de ces trois variétés de sésame (ICN 130, EF 146 et HC 110) en association avec le mil (variété HKP) dans le même poquet réduit de moitié l'émergence de *Striga hermonthica*. D'ailleurs les études de Lado *et al.* (2018) et Sundar *et al.* (2018) montrent que le niébé en association avec des pieds de *Parkia biglobosa* diminue considérablement l'effet envahissant de *Striga gesnerioides*. Bien que, l'accent ait été longtemps mis sur l'effet des variétés résistantes de niébé contre *Striga gesnerioides* plutôt que l'utilisation des plantes pièges contre *Striga gesnerioides* (Kondi *et al.*, 2018 ; Leandre *et al.*, 2018).

## Conclusion

L'étude montre que les mesures de protections du niébé contre *Striga gesnerioides*, qui utilisent le sésame et le niébé en association (dans le même poquet) ou en alternance (de lignes ou de poquets) peuvent être efficaces. Toutefois, l'efficacité de ces techniques d'association dépend de la variété de sésame utilisée et de l'architecture d'association sésame-niébé utilisée. C'est ainsi que les variétés de sésame EF 146, HC 110, ICN 130, HB 168, Vgr 156 et EF 147 sont efficaces pour atténuer l'émergence de *Striga gesnerioides* dans le cas de l'association dans le même poquet avec le niébé. Les variétés de sésame EF 146, HC 110, ICN 137, EF 147 et 38-1-7 sont efficaces contre striga en alternance de poquet avec le niébé. Et les variétés de sésame EF 146, Vgr 156, HC 108 et 38-1-7 ont montré leur efficacité en alternance de lignes avec le niébé. Cependant, une seule variété de sésame EF 146 a montré son efficacité dans toutes les trois mesures de protections de niébé contre *Striga gesnerioides*. Ces résultats peuvent être mis à la disposition des producteurs de niébé par le biais de la vulgarisation.

## Remerciements

Les auteurs remercient le projet « Amélioration de la productivité et valorisation du sésame (*Sesamum indicum* (L.)) au Niger » financé par le Programme Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) et la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey.

## References:

1. Boureima, S., Diouf, M. and Cissé, N. (2012). Besoin en eau, croissance et rendement du sésame en zone semi-aride. *Agronomie Africaine* 22 (2): 139-147.
2. Dembele, B. (1988). "Aspects biologiques et agronomiques de deux scrophulariacées parasites tropicales: *Striga hermonthica* (Del.) Benth. et *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke." Ecole Normale Supérieure Agronomique de Montpellier, Doctor Thesis 1: 100.
3. Dubé, M.-P. and A. Olivier (2001). "Le *Striga gesnerioides* et son hôte, le niébé: interaction et méthodes de lutte." *Canadian Journal of Botany* 79(10): 1225-1240.
4. Hamissou, A. M., Ibrahim, A. A., & Hamissou, Z. (2020). Effet du sésame (*Sesamum indicum* L.) sur le développement de *Striga hermonthica* (Del.) Benth. *Journal of Applied Biosciences*, 152, 15720-15726.
5. Kayentao, M. (2008). "Gestion de *Striga* au Mali." progress on farmers training on parasitic weed management: 111.
6. Kgosi, R. L., Zwanenburg, B., Mwakaboko, A. S., & Murdoch, A. J. (2012). Strigolactone analogues induce suicidal seed germination of *Striga* spp. in soil. *Weed Research*, 52(3), 197-203.
7. Kondi, Y., A. Mawuli, B. Agnassim, P. Yentchabre, T. Koffy. (2018). "Evaluation De Quatre Cultivars De Niebe (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Pour Leur Resistance Au Deficit Hydrique Et A L'adventice Parasite, *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke Au Togo." *European Scientific Journal*, ESJ 14(6).
8. Lado, A., Sani, F. U., Yahaya, S. U., & Karaye, A. K. (2018). Efficacy of *Parkia biglobosa* fruit powder on the control of *Striga* in cowpea cropping systems in the Sudan-Savanna, Nigeria. *Heliyon*, 4(8), e00733..
9. Leandre, S. P., Francis, K., Richard, A., Joseph, B., Ouedraogo, J. T., Patrick, A., ... & Roberbs, P. A. (2018). Screening for resistance to *Striga gesnerioides* and estimation of yield loss among Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) progenies in the Upper East Region of Ghana. *African Journal of Agricultural Research*, 13(28), 1430-1442.
10. Okandza, Y., Ossoko, J. P., Yoca, J. E., Dzondo, G. M., Tsieri, M. M., Abdenour, Y., & Toubate, B. (2017). Identification des tocophérols, Stérois, alcools aliphatiques et terpéniques de l'huile de sésame (*Sesamum indicum* (L.)) de la République du Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 19(1), 79.
11. Olivier de Sardan, J.-P. (2008). "La rigueur du qualitatif. Les contraintes empiriques de l'interprétation socio-anthropologique." Lectures, Publications reçues.

12. Olupot, J. R., Osiru, D. S. O., Oryokot, J., & Gebrekidan, B. (2003). The effectiveness of *Celosia argentia* (Striga “chaser”) to control Striga on Sorghum in Uganda. *Crop protection*, 22(3), 463-468.
13. Ouédraogo, O., Kaboré, T. D., Noba, D. R., & Traoré, S. (2018). *Polygala rarifolia* DC., plante faux hôte du *Striga hermonthica* (Del.) Benth. *Journal of Applied Biosciences*, 123, 12346-12353.
14. Pathak, K., Rahman, S. W., Bhagawati, S., & Gogoi, B. (2017). Sesame (*Sesamum indicum* L.), an underexploited oil seed crop: Current status, features and importance-A review. *Agricultural Reviews*, 38(3).
15. Satta, A. S., Diouf, A., Salifou Jangorzo, N., Issoufou Hassane, B. A., Saidou, A. A., Karim, S., & Malam-Issa, O. (2018). Modélisation prédictive d'un parasite des variétés de niébé au Niger : cas du *Striga gesnerioïdes* (Willd.) Vatke. INRA.
16. Samejima, H., Babiker, A. G., & Sugimoto, Y. (2018). Amélioration de la sécurité alimentaire dans les régions semi-arides du Soudan grâce à la gestion des mauvais parasites des racines. Dans la production agricole dans des conditions stressantes (pp. 159-175). Springer, Singapour.
17. Siame, B. A., Weerasuriya, Y., Wood, K., Ejeta, G., & Butler, L. G. (1993). Isolation of strigol, a germination stimulant for *Striga asiatica*, from host plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(9), 1486-1491.
18. Spallek, T., Mutuku, M., & Shirasu, K. (2013). The genus *S triga*: a witch profile. *Molecular plant pathology*, 14(9), 861-869.
19. Sundar, R. D. V., Settu, S., Shankar, S., Segaran, G., & Sathiavelu, M. (2018). Plantes médicinales potentielles pour traiter la lèpre-A Examen. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 11(2), 813-821.
20. Waters, M. T., Gutjahr, C., Bennett, T., & Nelson, D. C. (2017). Strigolactone signaling and evolution. *Annual review of plant biology*, 68, 291-322.
21. Zia, S. and M. A. Khan (2002). "Comparative effect of NaCl and seawater on seed germination of *Limonium stocksii*." *Pakistan Journal of Botany* 34: 345-350.
22. Site: <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>, visité le 25/12/2018 à 17H03 heure locale (Niamey-Niger, dernière mise à jours, 20/03/2021).



## Calibration of Ångström-Prescott Coefficients to Estimate Global Solar Radiation in Côte d'Ivoire

*Maurice Aka Djoman*  
*Wanignon Ferdinand Fassinou*  
*Augustin Memeledje*

Laboratoire des Sciences de la Matière, de l'Environnement et de l'Energie  
Solaire, UFR SSMT, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p24](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p24)

Submitted: 22 January 2021  
Accepted: 03 October 2021  
Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)  
Under Creative Commons BY-NC-ND  
4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Djoman M.A., Fassinou W.F. & Memeledje A. (2021). *Calibration of Ångström-Prescott Coefficients to Estimate Global Solar Radiation in Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 24.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p24>

### Abstract

In this study, we used monthly mean daily global radiation data and sunshine durations from nine (9) weather stations in Côte d'Ivoire to determine the annual Ångström-Prescott coefficients. The calibration of the Ångström-Prescott equation has been done through linear regression using the least square method. The empirical coefficients obtained are utilized to predict the global horizontal irradiance over the nine (9) weather stations of interest. Estimated and measured global radiations were compared using the root mean square error (RMSE), the mean bias error (MBE), the mean absolute bias error (MABE), the mean percentage error (MPE), the Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE), and the statistic t-test (**t-statistic**). The low values of the statistic t-test (from 0.10 to 1.07) and MPE (from -0.413 to 0.201) indicate a good performance of the model. The high values of the coefficient of determination  $R^2$  (from 0.9776 to 0.9916) show a remarkable agreement between predicted and measured global solar radiations. This remark is also confirmed by the high values of NSE (from 0.8671 to 0.9819) closer to 1. The obtained values of MBE (from -18.17 to 8.69 kWh/m<sup>2</sup>), MABE (from 7.16 to 8.52 kWh/m<sup>2</sup>), and RMSE (69.1 to 167.3 kWh/m<sup>2</sup>) show a low deviation or bias between the estimate and the measurements. The Ångström-Prescott coefficients determinants are consistent and can be used to efficiently calculate



the global horizontal irradiance. The model established can be recommended to be used in the nine (9) weather stations to accurately estimate global solar radiation on horizontal surfaces.

---

**Keywords:** Ångström-Prescott Coefficients, Global Solar Radiation, Global Horizontal Irradiance, Statistic t-Test

## 1. Introduction

Information on solar radiation on the Earth's surface is required in many applications including agriculture, hydrology, meteorology, climatology, architecture, active and passive solar energy systems, and photovoltaic electricity production systems (Medeiros et al., 2017; Liu et al., 2009; Ishola, 2018; Girma, 2017; Jeong et al., 2018). The amount of global solar radiation received on a surface depends on numerous factors such as the altitude of the sun, the clearness index, the slope and the latitude of an area. Therefore, global solar radiation varies in space and time due to all these factors. A major challenge facing solar energy technologies is the availability of solar radiation data at the area of interest (Asilevi et al., 2019; Krivoshein et al., 2020). The optimization of the solar energy reception in different applications is highly dependent on the ability to measure and understand its spatial-temporal distribution (Ishola, 2018). Thus, adequate assessment of solar radiation data is crucial for planning and designing solar energy based systems (Mbiaké et al., 2018; Govindasamy & Chetty, 2019; Ya'u et al., 2018; Al-Aboosi, 2020). For this reason, the best way to access solar radiation data at any location is to install suitable ground measuring instruments such as pyranometers and pyrhemometers and record its various components at a desired time scale (Al-Aboosi, 2020; Ener Kusen, 2018). In some regions around the world, measured solar radiation data do not exist or are available at a few places due to the cost, maintenance and instrument calibration requirement, while sunshine hours are measured at any locations (Ya'u et al., 2018; Al-Aboosi, 2020). Lack of adequate spatial and temporal resolution data on solar radiation is a worldwide problem especially in many developing countries. Developing methods to accurately estimate global solar radiation from other meteorological parameters is an alternative to overcome this problem. Numerous methods of varying complexity were established by scientists to estimate solar radiation including those based on generation from stochastic weather models (Richardson & Wright, 1984), satellite image (Pinker et al., 1995), linear interpolation (Hay & Suckling, 1979), artificial neural network (Tymvios et al., 2005), empirical relations using other meteorological variables (Angström, 1924; Prescott, 1940; Bristow & Campbell, 1984), and physical transfer processes (Gueymard, 2001). Among these estimation methods, there are robust numerical models requiring too



many inputs parameters. These methods are only suitable for theoretical analysis rather than practical applications (Morcette et al., 2008; Manners et al., 2009). In contrast, simple empirical models remain the main tools for solar radiation estimation (Linacre, 1992) due to their simplicity, low computational costs, and easily accessible input data. These models were proposed worldwide to estimate solar radiation based on different available meteorological data. They are generally classified into four broad categories as follows (Besharat et al., 2013):

- Sunshine-based models (Ångström, 1924; Prescott, 1940);
- Cloud cover-based models (Kasten, 1984);
- Temperature-based models (Bristow & Campbell, 1984);
- Other meteorological parameters-based models (Swartman & Ogunlade, 1967);

Therefore, the availability of meteorological parameters, which are used as the input of solar radiation models, is the important key to choose the proper radiation modes at any location (Ya'u et al., 2018).

The comparison of these different empirical models revealed that those based on sunshine duration give better results than the others in many studies (Trnka et al., 2005; Podesta et al., 2004; Zhou et al., 2005; Chen et al., 2004; Wu et al., 2007), in particular the Ångström-Prescott equation (Ishola, 2018; Liu et al., 2015; Liu et al., 2012).

Ångström (1924) proposed a linear relationship between the ratio of global radiation to the corresponding value on a completely clear sky day and the ratio of daily sunshine hours to the maximum possible sunshine duration. To solve the difficulty introduced by the perfectly clear sky radiation data, Prescott (1940) replaced it by the extraterrestrial radiation and this modification led to the formulation of the Ångström-Prescott equation (1).

The Ångström-Prescott regression coefficients **a** and **b** result essentially from the empirical attenuation coefficients of extraterrestrial radiation that reaches Earth's surface through the atmosphere. The global heterogeneity of atmospheric thickness and its components distribution objectively produce regional differences in the magnitude of global solar radiation reaching the surface (Xia et al., 2019). The coefficients **a** and **b** of Ångström-Prescott equation are site-specific. They depend on physical characteristics of the atmospheric layer and are influenced by local latitude and altitude without missing the seasonal variability of weather conditions (rainfall, wind, humidity and aerosol thickness and concentrations). The empirical coefficients **a** and **b** should be calibrated for a certain region and cannot be used directly for other regions (Ekici, 2019). Since the establishment of the Ångström-Prescott equation, it has undergone many modifications focused on improving its prediction accuracy and its general validity as summarized by Liu et al. (2009). The improvements consisted in relating the

parameters to geographical factors (Glover & McCulloch, 1958) or to meteorological variables to introduce additional variables into the equation (Ododo et al., 1995; Garg & Garg, 1983) or simply to increase the polynomial order of relative sunshine duration. Although some authors claimed that these modified models were better than the conventional Ångström-Prescott model, this is apparently not the case in many comparative studies undertaken by other researchers (Iziomon & Mayer, 2002; Boisvert et al., 1990; Soler, 1990; Ulgen & Hepbasli, 2004; Ertekin & Yaldiz, 2000; Yorukoglu & Celik, 2006; Zho et al., 2005). Since these modifications did not bring any gain in the estimation accuracy, it is questionable whether it is worthy to adopt such complexity at the risk of losing the simplicity and convenience of the original Ångström-Prescott model. In fact, the other meteorological factors were already implicitly incorporated into the information of the Ångström-Prescott coefficients. This is easily explained by the fact that sunshine duration is linked to the variability of the other meteorological parameters. Therefore, the local calibration of the Ångström-Prescott equation is more important than developing new methods or their modification (Liu et al., 2009).

In Côte d'Ivoire, no study on the modeling of Ångström-Prescott equation was undertaken. This study aims to determine the Ångström-Prescott coefficients in nine (9) meteorological stations from global solar radiation data on a horizontal surface and sunshine hours, and the obtained results was used to estimate global horizontal irradiance.

## 2. Methods and Materials

### 2.1. Theoretical Aspect

The global solar radiation reaching the earth's surface is the result of complex interactions between solar rays from the top of the earth's atmosphere and the climatic conditions at the site of interest. The Ångström-Prescott equation establishes a functional relationship between clearness index and relative sunshine duration as follow:

$$\frac{H}{H_0} = a + b \frac{S}{S_0} \quad (1)$$

where  $H$  and  $H_0$  are, respectively, global and extraterrestrial radiations,  $S$  the actual daily sunshine duration and  $S_0$  the theoretical sunshine duration or day length.

To determine  $H_0$  and  $S_0$ , it is necessary to go through theoretical calculations. So the daily mean extraterrestrial radiation on a horizontal surface  $H_0$  can be calculated for a typical day of a month according to the following equation:

$$H_0 = \frac{24}{\pi} I_{sc} E_0 \left( \frac{\pi}{180} \omega_s \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \sin \omega_s \right) \quad (2)$$

where  $I_{sc} = (1367 \pm 4) \text{ W.m}^{-2}$  is the solar constant,  $E_0$  the eccentricity correction factor of the Earth's orbit,  $\omega_s$  the sunset hour angle,  $\delta$  the solar declination and  $\varphi$  the latitude of the location.

The eccentricity correction factor is determined by the modified Duffie and Beckman's equation :

$$E_0 = 1 + 0.034 \cos \left[ \frac{2\pi(n-2)}{365} \right] \quad (3)$$

where  $n$  is the number of day of the year, starting from the first of January ( $n = 1$ ) and ended on December 31<sup>th</sup> ( $n = 365$  or  $366$  depending on the year).

The solar declination can be calculated from the equation:

$$\delta = 23.429 \sin \left( \frac{2\pi n}{370.84} - 1.3616 \right) + 0.242 \sin \left( \frac{4\pi n}{360.15} - 1.93 \right) \quad (4)$$

The sunset hour angle on a horizontal surface can be obtained by the relationship:

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \varphi \tan \delta) \quad (5)$$

This expression leads to determine the maximum sunshine duration of a day on a horizontal surface in hours as follows:

$$S_0 = 2\omega_s = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\tan \varphi \tan \delta) \quad (6)$$

## 2.2. Solar Radiation Data

To carry out the study, we used data from nine (9) radiometric stations in Côte d'Ivoire from 2006 to 2010. Figure 1 shows the geographical locations of the selected weather stations. The data including the sunshine duration and monthly mean daily solar radiation on horizontal surfaces are collected by Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique (SODEXAM), the company in charge of the meteorological parameters measurement in Côte d'Ivoire.



**Figure 1.** Geographical Positions of the Selected Weather Stations (SODEXAM)

Table 1 shows the geographical coordinates of each site as well as the measurements periods.

Côte d'Ivoire is a West Africa country located between latitudes 4 °N and 10 ° N. It is between two main climatic zones, i.e., the humid tropical climate in the south and the Sudanese climate in the north. The coefficients of Ångström-Prescott equation **a** and **b** were determined through linear regression analysis by using the ordinary least squares method relating monthly mean daily clearness index to the corresponding relative sunshine duration at each station.

**Table 1.** Geographical Coordinates of the Sites and the Periods of the Measurements

Station	Latitude (°)	Longitude (°)	Elevation (m)	Period
Abidjan	5.260291	-3.927276	8	2006-2010
Adiaké	5.286841	-3.302014	39	2006-2010
Bondoukou	8.016067	-2.762753	370	2006-2010
Daloa	6.87669	-6.45161	277	2006-2010
Dimbokro	6.649426	-4.704057	92	2006-2010
Gagnoa	6.132974	-5.95177	210	2006-2010
San-Pédro	4.746199	-6.660735	30	2006-2010
Sassandra	4.951934	-6.088562	66	2006-2010
Tabou	4.41397	-7.363371	21	2006-2010

The values **a** and **b** were obtained from 10-days data covering the period 2006 to 2010, collected annually in each weather station.

### 2.3. Analysis Methods

After calibrating the Ångström-Prescott equation, the model is evaluated by comparing the measured and estimated values of the monthly

mean daily irradiation  $H$ . The performance of the model is determined by calculating the root mean square error (RMSE), the mean bias error (MBE), the mean absolute bias error (MABE), the mean percentage error (MPE), the  $t$ -statistic ( $t$ -stat), and the Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) which are defined as follows:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (c_i - m_i)^2} \quad (7)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (c_i - m_i) \quad (8)$$

$$MABE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |c_i - m_i| \quad (9)$$

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(c_i - m_i)}{m_i} \times 100 \quad (10)$$

$$t\text{-stat} = \sqrt{\frac{(n-1)MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}} \quad (11)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (m_i - c)^2}{\sum_{i=1}^n (m_i - m_a)^2} \quad (12)$$

Where,  $n$  is the number of data pairs,  $c_i$  the predicted values of  $H$ ,  $m_i$  the measured values of  $H$  and  $m_a$  the average of measured values of  $H$ .

The RMSE and MBE are the most commonly used indicators to compare models for solar radiation estimations. The RMSE provides information on the short term performance of correlations by allowing a term by term comparison of the actual deviation between the estimated and measured values. Meanwhile, the MBE shows the overestimation or underestimation of the computed values. Low values of RMSE and MBE are expected but depending on the data, some fluctuations can be observed. Togrull et al. (2000) demonstrated that the use of RMSE and MBE in isolation is not an adequate method for evaluating the model performance. Thus, it was concluded that the addition of the statistic  $t$ -test  $t$ -stat gave more reliable and explanatory results for the evaluation and comparison of solar radiation models (Almorox et al., 2005). In the same way, Jacovides (Jacovides & Kontoyiannis, 1995; Jacovides, 2000) demonstrated that the separated use of RMSE and MBE indicators can lead to the incorrect selection of the best model. It was commonly recommended to use the statistic  $t$ -test  $t$ -stat in conjunction with RMSE and MBE in order to reliably assess a model's performance (Almorox et al., 2005).

The MABE measures the average of the absolute differences between predicted and measured values. Low values of MABE are desired.

The statistic t-test **t-stat** is given as a function of the widely used root mean square error and mean bias error. In this paper, we used the **t-stat** in conjunction with the RMSE and MBE for the evaluation of the model. We assume that the smaller the value of **t-stat**, the better the model's performance. To determine whether a model is statistically significant, the absolute value of the calculated **t-stat** must be less than the critical **t-stat** value obtained from the statistical tables. By referring to the number of data used in this work ( $n = 60$ ) and for a confidence level of 95%, the critical value of statistic t-test is  $t_{crit} = 1.671$  for a one-sided test.

MPE is defined as the percentage deviation of the estimated values from the measured ones. For a better model performance, a low value of MPE is desirable and the percentage error between -10% and +10% is considered acceptable (Samanta et al., 2020).

NSE is a simple measure to determine the model precision by plotting observed values against predicted values in a 1:1 line. Generally, NSE ranges from  $-\infty$  to 1.0 and the model is more efficient when NSE is closer to 1 (Samanta et al., 2020). So, in regression procedures, NSE is equivalent to the coefficient of determination ( $R^2$ ).

### 3. Results and Discussion

The results of the regression analysis for the five (5) years (2006-2010) of monthly mean daily irradiances for each weather station can be seen in Table 2. The different statistical error indicators and tests are also given in Table 4. According to Table 2, coefficient **a** vary from 0.2154 in Gagnoa to 0.2652 in Bondoukou, **b** vary from 0.3808 in Dimbokro to 0.4182 in Abidjan. Parameter **b** is slightly stable with a coefficient of variation (CV) of 3.36% against 9.85% for **a**. Obviously, the Ångström-Prescott coefficients vary from one site to another. These variations in **a** and **b** values can be explained as a consequence of local atmospheric climatology. This demonstrates the importance of local calibration of the Ångström-Prescott equation. On the contrary, the sum (**a + b**) is stable with a CV of 1.5% in the study area, indicating that the overall atmospheric transmission under clear sky conditions is the same in each station.

The calibrated coefficients have a physical meaning because their sum always remains less than one throughout the study area. In the literature (Mbiaké et al., 2018; Besharat et al., 2013; Martinez-Lozano et al., 1984; Nwokolo & Ogbulezie, 2018), the different Ångström-Prescott coefficients determined in several countries on the five continents ( 308 values) show that **a** varies between -0.1910 and 0.713, while **b** varies between 0.1900 and

0.7874. By comparison, the values of **a** and **b** obtained belong to these respective intervals.

**Table 2.** Regression Results for Each Site

Cities	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a + b</b>	R <sup>2</sup>
<b>Abidjan</b>	0.2168	0.4179	0.6347	0.9838
<b>Adiaké</b>	0.2210	0.4066	0.6276	0.9801
<b>Bondoukou</b>	0.2652	0.3907	0.6559	0.9843
<b>Daloa</b>	0.2156	0.4182	0.6338	0.9828
<b>Dimbokro</b>	0.2707	0.3808	0.6515	0.9886
<b>Gagnoa</b>	0.2154	0.4173	0.6327	0.9776
<b>San-Pédro</b>	0.2176	0.4159	0.6335	0.9834
<b>Sassandra</b>	0.2169	0.4172	0.6341	0.9780
<b>Tabou</b>	0.2165	0.4144	0.6309	0.9916

Table 3 gives a comparative view of the Ångström-Preccott coefficients determined in some places in Africa. From this table, it is seen that the values obtained in this work are of the same order of magnitude as those of the other regions of Africa, especially for Bobo Dioulasso (**a** = 0.21 and **b** = 0.46), Douala (**a** = 0.2530 and **b** = 0.4266), Ibadan (**a** = 0.308 and **b** = 0.358), Kumasi (**a** = 0.22 and **b** = 0.43), and Lome (**a** = 0.263 and **b** = 0.374) which are five regions in West Africa like Côte d'Ivoire.

**Table 3.** Values of Ångström-Preccott Coefficients in other African Countries

<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a + b</b>	Authors	Year	Region	Country
0.22	0.43	0.65	Quansah and Neba	2014	Kumasi	Ghana
0.250	0.470	0.720	Abbas et Elnesr	1977	Giza	Egypt
0.367	0.367	0.734	Chegaar et Chibani	2001	Beni Abbas	Algeria
0.308	0.358	0.666	Fagbeule	1993	Ibadan	Nigeria
0.430	0.320	0.750	Davies	1965	Ford Lamy	Chad
0.230	0.620	0.850	Glover et McCulloch	1958	Kabete	Kenya
0.240	0.513	0.753	Jain et Jain	1988	8 stations	Zambia
0.320	0.400	0.720	Khogali	1983	Port Sudan	Sudan
0.320	0.460	0.780	Lewis	1983	Harare	Zimbabwe
0.210	0.562	0.772	Mabasa et al.	2020	Mthatha	South Africa
0.210	0.520	0.730	Page	1961	Kinshasa	Zaire
0.300	0.480	0.780	Page	1961	Antananarivo	Madagascar
0.240	0.470	0.710	Rijks et Huxley	1964	Kampala	Uganda
0.263	0.374	0.637	Banna and Gnininri	1998	Lome	Togo
0.2530	0.4266	0.6796	Afungchui and Neba	2013	Douala	Cameroon
0.21	0.46	0.67	Coulibaly and Ouedoraogo	2016	Bobo Dioulasso	Burkina Faso

By observing Table 4, the NSE values that range from 0.8671 to 0.9819 are closer to 1 in all sites. This shows that the model have a good performance. This remark is also confirmed by the low values of **t**-stat (varying from 0.10



to 1.07) which are all less than 1.671. Moreover, MBE values (range from -18.17 to 8.69 kWh/m<sup>2</sup>/day) point out that the model slightly underestimates the solar radiation values in all sites except in Abidjan where the model overestimates them. The MABE values (ranging from 7.16 to 8.52 kWh/m<sup>2</sup>/day) reveal that the absolute bias between calculated and measured values is low. It is the same for the RMSE values (from 69 to 167kWh/m<sup>2</sup>/day ) which display that the absolute mean deviation between estimated and measured values is also low. In sum, all the results of the statistical indicators and tests support that the estimated values of the global solar radiation are close to the measured ones. The Ångström-Prescott coefficients obtained by the modeling are consistent. They can allow making a good estimate of the global horizontal irradiance in the nine (9) meteorological stations.

**Table 4.** Statistical Error Indicators of the Model

Cities	MBE (kWh/m <sup>2</sup> /day)	MABE (kWh/m <sup>2</sup> /day)	RMSE (kWh/m <sup>2</sup> /day)	MPE(%)	NSE	t-stat
Abidjan	8.69	6.87	69.1	0.201	0.9819	1.07
Adiaké	-1.14	7.84	84.3	-0.413	0.9774	0.10
Bondoukou	-15.26	8.52	148.6	-0.320	0.8961	0.79
Daloa	-8.54	7.57	100.9	-0.205	0.9522	0.65
Dimbokro	-13.75	7.23	122.7	-0.291	0.9185	0.87
Gagnoa	-12.20	8.01	124.1	-0.278	0.9129	0.76
San-Pédro	-17.04	8.08	156.6	-0.345	0.8994	0.84
Sassandra	-18.17	8.47	167.3	-0.364	0.8671	0.84
Tabou	-8.71	7.16	91.5	-0.204	0.9737	0.73

#### 4. Conclusion

- Angström-Prescott equation is calibrated, for the first time, in Côte d'Ivoire using nine (9) weather stations data, which is sampled in 10-days global radiation and sunshine hours.
- The performance of the resulting annual model was evaluated using some statistical error methods. The results obtained show a strong correlation with a high determination coefficient for each weather station confirmed by NSE closer to 1. The model performed very well due to the low values of t-stat. The RMSE and MBE related to the comparison between measured and estimated monthly mean daily global radiation ranged, respectively, from 69.1 to 167.3 and from -8.71 to 8.69 kWh.m<sup>-2</sup>.day<sup>-1</sup>. Those values are in convenient with those encountered in literature.
- The comparisons made with other values of the Angstrom-Prescott coefficients throughout the world and specifically in certain



regions of Africa confirm that the coefficients obtained have a good consistency.

- Our results reveal that the model proposed in this work may be used satisfactory for the estimation of monthly mean daily global solar radiation in the nine (9) weather stations in Côte d'Ivoire.

### Nomenclature

$a$ : Ångström-Prescott regression coefficient

$b$ : Ångström-Prescott regression coefficient

$c_i$ : Predicted values of  $H$

CV: Coefficient of variation

$E_0$ : Eccentricity correction function of the Earth's orbit

$H$ : Global horizontal radiation (kWh/m<sup>2</sup>)

$H_0$ : Extraterrestrial radiation (kWh/m<sup>2</sup>)

$I_{sc}$ : Solar constant (W/m<sup>2</sup>)

$m_a$ : Average of measured values of  $H$  (kWh/m<sup>2</sup>)

$m_i$ : Measured values of  $H$  (kWh/m<sup>2</sup>)

$S$ : Sunshine duration (h)

$S_0$ : Maximum sunshine duration (h)

$\delta$ : Solar declination (°)

$\varphi$ : Latitude (°)

$\omega_s$ : Sunset hour angle (°)

### References:

1. Almorox, J., Benito, M. & Hontoria, C. (2005). Estimation of monthly Ångström-Prescott equation coefficients from measured daily data in Toledo, Spain. *Renewable Energy* 30 931-936.
2. Al-Aboosi, F. Y. (2020). Models and hierarchical methodologies for evaluating solar energy availability under different sky conditions toward enhancing concentrating solar collectors use: Texas as a case study. *International Journal of Energy and Environmental Engineering* 11:177-205. <https://doi.org/10.1007/s40095-019-00326-z>.
3. Ångström, A. (1924). Solar and terrestrial radiation. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 50, 121-125.
4. Asilevi, P. J., Quansah, E., Amekudzi, L. K., Annor, T. & Klutse N. A. B. (2019). Modeling the spatial distribution of Global Solar Radiation (GSR) over Ghana using Ångström-Prescott sunshine duration model. *Scientific African* 4e00094

5. Besharat, F., Dehghan, A. A. & Faghieh, A. R. (2013). Empirical models for estimating global solar radiation: A review and case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 21 798-821.
6. Boisvert, J. B. Hayhoe, H. N. & Dubé, P. A. (1990). Improving the estimation of global solar radiation across Canada. *Agric. For. Meteorol.* 52 (3-4), 275-286.
7. Bristtrow, K. L. & Campbell, G. S. (1984). On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature. *Agric. For. Meteorol.* 31, 159-166.
8. Chen, R., Kang, E., Yang, J., Lu, S. & Zhao, W. (2004). Validation of five global radiation models with measured daily data in China. *Energy Convers. Manage.*, 45 (s11-12): 1759-1769.
9. Ekici, C. (2019). Total Global Solar Radiation Estimation Models and Applications : A Review. *International Journal of Innovative Technology and Interdisciplinary Sciences*. Vol.2, Is.3, pp.236-252, DOI: <https://doi.org/10.15157/IJITIS.2019.2.3.236-252>
10. Ener Kusen, S. (2018). Performance evaluation of a couple method for the estimation of daily global solar radiation on a horizontal surface. *Atmosfera* 31(4), 347-354 doi: 10.20937/ATM.2018.31.04.03
11. Ertekin, C. & Yaldiz, O. (2000). Comparison of some existing models for estimating global solar radiation for Antalya (Turkey). *Energ. Convers. Manage.* 41, 311-330.
12. Garg, H. P. & Garg, S. T. (1983). Prediction of global solar radiation from bright sunshine hours and other meteorological data. *Energy Conversion and Management* 23 (2), 113-118.
13. Girma, D. N. (2017). Estimation of monthly average daily solar radiation from meteorological parameters: sunshine hours and measured temperature in Tepi, Ethiopia. *International Journal of Energy and Environment Science*. Vol. 3, No. 1, , pp. 19-26.
14. Glover, J. & McCulloch, J. S. G. (1958). The empirical relation between solar radiation and hours of sunshine. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 84 (360), 172-175.
15. Govindasamy, T. R. & Chetty, N. (2019). Non-linear multivariate models for estimating global solar radiation received across five cities in South Africa. *Journal of Energy in Southern Africa* 30(2): 38-51.
16. Gueymard, C. (2001). Parameterized transmittance model for direct beam and circumsolar spectral irradiance. *Solar Energy*, Vol. 71, Is. 5 325-346.
17. Hay, J. E. & Suckling, P. W. (1979). An assessment of the net-works for measuring and modeling solar radiation in British Columbia and adjacent areas of western Canada. *The Canadian Geographer*, Vol. 23, Is. 3, 222-238.

18. Ishola, K. A. (2018). Developing regional calibration coefficients for estimation of hourly global solar radiation in Ireland. *International Journal of Sustainable Energy*.  
<https://doi.org/10.1080/147864511499645>.
19. Iziomon, M. G. & Mayer, H. (2002). Assessment of some global solar radiation parameterizations. *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.* 64: 1631-43.
20. Jacovides, C. P. (2000). Reply to comment on 'Statistical procedures for the evaluation of evaporation computing models'. *Agric Water Manage* 41 311-330.
21. Jacovides, C. P. & Kontoyiannis, H. (1995). Statistical procedures for the evaluation of evaporation computing models. *Agric Water Manage* 27 365-371
22. Jeong, H., Bhattari, R., Hwang, S., Son, J. G. & Jang, T. (2018). How Ångström–Prescott Coefficients Alter the Estimation of Agricultural Water Demand in South Korea. *Water*, 10, 1851;  
[doi:10.3390/w10121851](https://doi.org/10.3390/w10121851)
23. Kasten, F. (1984). Parametrisierung der Globalstrahlung durch Bedekungsgrad und Trübungsfaktor. *Annalen der Meteorologie Neue Folge*, 20, 49-50.
24. Krivoshein, Y. O., Tolstykh, A. V., Tsvetkov, N. A. & Khutornoy, A. N. (2020). Mathematical model for calculating solar radiation on horizontal and inclined surfaces for the conditions of Yakutsk. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 408 012002.  
[doi:10.1088/1755-1315/408/1/012002](https://doi.org/10.1088/1755-1315/408/1/012002)
25. Linacre, E. (1992). *Climate data and resources, a reference and guide*. NY: Routledge, p. 366.
26. Liu et al., J. (2015). Changes in the relationship between solar radiation and sunshine duration in large cities of China. *Energy* 82 589-600.
27. Liu et al., X. (2009). Calibration of the Angström-Prescott coefficients (a, b) under different time scales and their impacts in estimating global solar radiation in the Yellow River basin. *Agricultural and Forest Meteorology* 149 697-710.
28. Liu et al., X. (2012). Assessing models for parameters of the Angström-Prescott formula in China. *Applied Energy* 96 327-338.
29. Manners, J., Thelen, C., Petch, J., Hill, P. & Edwards, J. M. (2009). Two fast radiative transfert methods to improve the temporal sampling of clouds in numerical weather prediction and climate models. *Quart. J. Roy. Met. Soc.*, 135: 457-68.
30. Martinez-Lozano, J.A., Tena, F., Onrubia, J. E. & De La Rubia, J. (1984). The historical evolution of the Ångström formula and its

- modifications: Review and bibliography. *Agricultural and forest Meteorology*, 33 109-128.
31. Mbiaké, R., Wakata, B. A., Mfoumou, E. & Ndjeuna et al., E. (2018). The relationship between global solar radiation and sunshine durations in Cameroon. *Open Journal of Air Pollution*, 7, 107-119.
  32. Medeiros et al., F. J. (2017). Calibration of Angström-Prescott equation to estimate daily solar radiation on Rio Grande do Norte state, Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, n. 3, 409-461,
  33. Morcette, J. J., Mozdzyński, G. & Leutbecher, M. (2008). A reduced radiation grid for the ECMWF integrated forecasting system. *Mon. Wea. Rev.* 136, 4760-72.
  34. Nwokolo, S.C. & Ogbulezie, J.C. (2018). A quantitative review and classification of empirical models for predicting global solar radiation in West Africa. *Beni-Suef Univ. J. Basic Appl. Sci.* 7 367-396
  35. Ododo, J. C., Sulaiman, A. T., Aidan, J., Yguda, M. M. & Ogbu, F. A. (1995). The importance of maximum air temperature in parameterization of solar radiation in Nigeria. *Renewable Energy* 6 (7), 751-763.
  36. Pinker, R. T., Frouin, R. & Li, Z. (1995). A review of satellite methods to derive surface shortwave irradiance, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 51, Is. 1, 108-124.
  37. Podesta, G. P., Núñez, L., Villanueva, C. A. & Skansi, M. A. (2004), Estimating daily solar radiation in the Argentine Pampas. *Agric. For. Meteorol.* 123: 41-53.
  38. Prescott, J. A. (1940). Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. *Trans. Roy. Soc. Sci., Australia* 64, 114-125.
  39. Richardson, C. W. & Wright, D. A. (1984). WGN: a model for generating daily weather variables. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-8.
  40. Samanta, S., Banerjee, S., Mukherje, A., Patra, P. K. & Chakraborty, P. K. (2020). Determining the radiation use efficiency of potato using sunshine hour data: a simple and costless approach. *Spanish Journal of Agricultural Research* 18(2) e0801, 15 pages  
<https://doi.org/10.5424/sjar/2020182-15561>.
  41. Soler, A. (1990). Statistical comparison for 77 European stations of 7 sunshine-based models. *Solar Energy* 45 (6), 365-370.
  42. Swartman, R. K. & Ogunlade, O. (1967). Solar radiation estimates from common parameters. *Solar Energy*; 11: 170-2
  43. Togrull, I. T., Togrul, H. & Evin, D. (2000). Estimation of global solar radiation under clear sky condition in Turkey. *Renewable Energy* 21 271-287

44. Trnka, M., Zaluk, Z., Eitzinger, J. & Dubrovsky, M. (2005). Global solar radiation in central European lowlands estimated by various empirical formulae. *Agric. For. Meteorol.* 131: 54-76.
45. Tymvios, F. S., Jacovides, C. P., Michaelides, S. C. & Scouteli, C. (2005). Comparative study of Ångström's and artificial neural networks' methodologies in estimating global solar radiation. *Solar Energy*, Vol. 78, Is. 6 752-762.
46. Ulgen, K. & Hepbasli, A. (2004). Solar radiation models. Part 2: Comparison and developing new models. *Energy Sources* 26 (5), 752-762.
47. Wu, G. F., Liu, Y. L. & Wang, T. J. (2007). Methods and strategy for modeling daily global radiation with measured meteorological data – a case study in Nanchang station, china. *Energy Conversion and Management* 48 2447-2452.
48. Xia, X., Zhu, X., Pan, Y., Zhao, X. & Zhang, J. (2019). Calibration and Optimization of the Ångström-Prescott coefficients for calculating  $ET_0$  within a Year in China: The Best Corrected Data Time Scale and Optimization Parameters. *Water*, 11, 1706; doi:10.3390/w11081706
49. Ya'u, M. J., Gele, M. A., Ali, Y. Y. & Alhaj, A. M. (2018). Global Solar Radiation Models : A Review. *Journal of Photonic Materials and Technology*. Vol.4, No.1, 2018, pp.26-32. doi: 10.11648/j.jmpt.0401.15.
50. Yorukoglu, M. & Celik, A. N. (2006). A critical review on the estimation of daily global solar radiation from sunshine duration. *Energ. Convers. Manage.* 47 (15-16), 2441-2450.
51. Zhou, J., Wu, Y. & Yan, G. (2005). General formula for estimation of monthly average daily global solar radiation in China. *Energy Convers. Manage.*, 46 (2): 257-268.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Monitoring and Evaluation Practices and Performance of County Maternal Health Programmes

*John Gatimu, PhD*

Project Planning and Management, University of Nairobi

*Prof. Christopher Gakuu*

University of Nairobi

*Dr. Anne Ndiritu*

University of Nairobi

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p39](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p39)

Submitted: 28 August 2021

Accepted: 08 October 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Gatimu, J. Gakuu, C. & Ndiritu, A. (2021). *Monitoring And Evaluation Practices And Performance Of County Maternal Health Programmes*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 39-68.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p39>

### Abstract

The study sought to establish the relationship between monitoring and evaluation practices and performance of County Maternal Health programmes in Kenya. The combined monitoring and evaluation practices included planning for M&E, stakeholder engagement, capacity building for M&E, and M&E data use. The study adopted a descriptive survey research design. To obtain 282 respondents, stratified random sampling was used. A self-administered structured questionnaire was the study's research instrument. Using descriptive narratives, qualitative data was analyzed within specific themes. Quantitative data was analyzed descriptively using measures of central tendencies and measures of dispersion. Regression was conducted for testing the study hypotheses. Data was presented using frequency tables. The study found that stakeholders' engagement in M&E and capacity building for M&E influenced the performance of County Maternal Health Programmes in Kenya. The study also found that the respondents agreed that planning for M&E and the data management for M&E. This implied that the combined monitoring and evaluation practices influence performance of County Maternal Health Programmes in Kenya. The study found a strong correlation between the performance of county maternal health programmes and

combined monitoring and evaluation practices. The study concluded that combined planning for M&E monitoring and evaluation practices influenced the performance of county maternal health programmes. The study suggests that management develop an effective methodology as well as raise awareness of M&E activities for the success of the project. The study also suggests that human resources issues such as workers charged with monitoring and evaluation ought to have technical capabilities, and roles and duties of monitoring and evaluation personnel should be outlined at the start of projects. To ensure M&E sustainability health sector reforms, investments in strong and vibrant technical harmonization platforms that can sustain the change agenda at all times and every required level.

---

**Keywords:** Monitoring And Evaluation, Performance, County Maternal Health Programmes, Stakeholders Engagement, Capacity Building, Planning For M&E, Data Management

## **Introduction**

Performance is the sum of the outputs of an organization's work procedures and activities. An organization's performance includes its actual output or results as compared to its expected results (or goals and objectives). It is concerned with how successfully an organization converts inputs into outputs and includes the actual results as compared to the desired outputs. For decades, maternal and child health (MCH) has been a top public health concern. The implementation of these health-care programs continues to be a serious difficulty in low- and middle-income countries (LMICs). Between 1990 and 2015, one of the Millennium Development Goals (MDG5A) calls for a 75% reduction in worldwide maternal mortality ratio (MMR). MMR reduced by over 44 percent within 300 months of this aim, to an estimated 216, with an 80 percent uncertainty interval (UI) of 207 and 249 maternal deaths per 100 000 live births in 2015, compared to MMR of 385 per 100 000 live births in 1990, with a UI of 359–427 (Dieleman et al., 2015).

The rising globalization of the economy has increased demand for monitoring and evaluation solutions all over the world as a necessary component to improve the effectiveness of County Maternal Health programs. Monitoring and evaluation procedures guarantee that project results can be measured at the impact, outcome, output, process, and input levels, providing a framework for accountability and assisting in making informed decisions at the program and policy levels. According to International Fund for Agricultural Development- IFAD (2017), monitoring and evaluation practices are important components of design programs because they ensure logical reporting, the process that connects result and demonstration accountability, quantifies efficiency and effectiveness, ensures effective resource distribution,



stimulates continuous learning, and improves decision making. Monitoring and evaluation is a continual activity of management that assesses if there is an expected outcome achieving progress in order to identify challenges to execution as well as highlight any unforeseen repercussions from the investment, program, or project's plan and its activities. A monitoring and evaluation strategy incorporates a number of recognised best practices in the monitoring and evaluation system. Practices refer to a collection of activities such as planning and coordination, capacity building, surveillance, and data demand that can potentially contribute to project decision making and learning, which has an impact on project sustainability (Scheirer, 2017).

Monitoring and evaluation methods enable organizations to incorporate critical components of a project such as cost, time, and human resource consequences; they are critical for successful projects and should not be disregarded at the outset (Khan, 2016). As a result, it is critical to ensure that management, as well as donor agencies, understand and are committed to implementing the suggestions resulting from monitoring and evaluation (Dyason, 2019). It is critical that project implementers understand the methods and thinking that are based on monitoring and evaluation procedures (Kibukho, Kidombo & Gakuu, 2015). It is also critical that the project's implementers assume responsibility for the procedures used, are dedicated to them, and feel vested in convincing other stakeholders of their support as well as the long-term advantages..

Monitoring and evaluation methods ensure that project outcomes may be quantified at the impact, outcome, output, process, and input levels, establishing a framework for accountability and support in the formulation of informed program and policy decisions (Karanja & Yusuf, 2018). A monitoring and evaluation (M&E) strategy defines how the County maternal programs' entire M&E system works. This comprises the indicators, the people in charge of collecting them, the forms and tools that will be utilized, and how the data will be distributed within the organization. An M&E Plan is a table that expands on the log frame of a project/program to specify essential M&E requirements for each indicator and assumption. It enables program employees on the ground to track progress toward specific goals for more openness and accountability. This Monitoring and Evaluation Planning module is designed to provide brief direction for the establishment of a comprehensive monitoring and evaluation (M&E) system for international humanitarian relief and development operations. It addresses the major planning papers and processes required to establish and implement an M&E system for county maternity program planning, implementation, and evaluation. It is intended for use by M&E specialists, humanitarian and development program managers, and decision makers in charge of program oversight and funding (World Health Organization, 2016).



Stakeholder engagement is the process through which an organization involves people who may be affected by decisions it makes or who can influence how those decisions are implemented. Stakeholder participation in maternal health program planning, implementation, and quality improvement was recently recommended in guidelines to enhance the utilization of skilled care for women and newborns during pregnancy, labor, and the postnatal period. They may support or oppose the actions, have clout in the organization or the community in which it operates, have key official positions, or be long-term affected. Stakeholders have the opportunity to influence decision-making, which is a fundamental premise of stakeholder engagement. This distinguishes stakeholder involvement from communications methods that strive to issue a message or persuade parties to concur on an already determined choice (Burke, 2017).

M&E of performance can be a motivator for the creation of improved delivery capacities if accountability measures are available or given significant consideration. This has been attributed to the lack of glamour associated with assessing and comprehending the capacity enhancement process (compared to measurement of its apparent results, including improved performance). Another deterrent to giving the concept of 'capacity' careful thought is that it involves fundamentally subjective judgement based on partial or inadequate facts. Polidano (2020) investigated the viability of developing comparative indices of state and public sector capability in policy formulation, implementation, and operational efficiency. Organizational capacity development entails more than just training and can include a variety of planning and delivery techniques based on the organizational environment and need.

Statistics are an essential component of program and policy assessors' toolkits. If evaluators are to make good use of consultants' reports, communicate effectively with funders, and comprehend other people's assessment reports, they frequently need to have a conceptual knowledge of very complicated, newly developed statistical procedures (Mutekhele, Rambo & Ongati, 2018). The goals of this are to link common evaluation questions with appropriate statistical procedures, to provide a strong conceptual foundation in several important statistical procedures, and to describe how to interpret statistics results in principled and persuasive ways to intended audiences, as well as to equip those working in governments, funding agencies, and research (Issel & Wells, 2017).

Several scholars have examined the challenges affecting global efforts to improve the performance of county Maternal Health programs (Elmusharaf, Byrne, & O'Donovan, 2015; Banchani & Tenkorang, 2014; Wamalwa, 2015; Kasina, 2016), and they have been numerous and nearly uniform in middle developed economies like India, Malaysia, and LDCs (least developed

countries) like the Sub-Saharan Africa. According to UNICEF (2016), difficulties governing the health of mothers and their newborns are divided into two categories: environmental and economically structured challenges. Environmental issues like malnutrition among the under-fives have been cited as a global challenge in the 21st century on performance of the County Maternal Health programmes (Mitungu & Sakwa, 2020).

There has been some achievement in millennium development goals four and five over the last ten years. However, these achievements are uneven across various regions and countries. Both the under-five and maternal mortality are noted to have been increasing (UNICEF, 2016). In relation to the above realization, governments and various development agencies have increased their efforts to develop and implement various MCH programmes so as to curb the number of mothers dying, the pains of poor deliveries and the sorrow of losing their young ones. In response to the aforementioned reality, governments and various development agencies have strengthened their efforts to design and execute various MCH programs in order to reduce the number of mothers dying, the pains of poor births, and the anguish of losing their children (WHO, 2017). Globally, studies by experts such as Akhter (2015) and Chowdhury (2015) have focused on the implementation of MCH programs in African countries. According to Akhter, complications from pregnancy-related diseases and childbirth cause more fatalities and disabilities in Bangladesh than any other reproductive health problem.

This situation is worse as the Bangladesh population grows and County Maternal Health Care programs have been implemented in a haphazard and ineffective manner during the last two decades. According to UNFPA (2015), the country is losing its glory of attaining the SDGs due to insufficient access to contemporary health services or proper planning and implementation of MCH programs (Karani, Bichanga & Kamau, 2019).

According to a study conducted by Donaldson and Lipsey (2014), factors such as resource availability, management processes, politics, technology, and many others have a substantial impact on the implementation of MCH and other health programs. Across Africa, County Maternal Health programmes' success is still a complicated issue. Consider Angola, where inadequate implementation of County Maternal Health programs has been a persistent and systemic issue, resulting in a lower level of health in the early twenty-first century (WHO, 2017). Angola now has one of the highest maternal death rates in the world, according to UNICEF (2016). The MMR was estimated to be between 1,281 and 1,500 maternal deaths per 100,000 live births at the end of the Civil War. This estimate was made in the late 1990s, and it represented the country's MMR situation after the end of the conflict, according to UNICEF in 2002. Between 2008 and 2010, the expected number of deaths per 100,000 live births fell to 610. Even if this is an improvement, it

pales in comparison to Sweden, where the MMR is estimated to be 5 fatalities per 100,000 live births. The country's MMR has fallen after the end of the civil war in 2002, according to USAID (2011). This has been linked to the government's efforts in carrying out the various MCH programs. However, the MMR indicator remains one of the best in the world. It is believed that a woman gives birth 7.2 times on average.

The introduction of County Maternal Health programs compelled the Burundi government to borrow an additional \$23.6 million from the World Bank in 2008/2009 to expand the MCH program, which began in 2006, train an additional 310 nurses and 34 doctors in Kenyan universities between 2005 and 2010, acquire cheap but highly suited technology from China and Japan, expand its road network, and install electric vehicles.

These were among the elements that had a 41 percent influence on the adoption of MCH programs from 2005 to 2013, and the country has experienced a 46.12 percent reduction in maternal fatalities and infant mortality rates between the stated years (UNICEF, 2016). These are the overall trends in East Africa. County governments were established in Kenya in March 2013, following the first general elections held under the new Kenyan Constitution (2015). County governments are required by the constitution to plan and budget for the supply of goods and services under their mandate. According to USAID (2018), MCH programs in Kenya have been prioritized since the NARC government took office in 2002. However, unlike the adoption of universal health programs, the implementation of MCH programs in the country has been fraught with difficulties, resulting in more deaths than survivors. This might be readily addressed by providing high-quality health-care delivery that ensures women deliver safely and avoids the majority of difficulties that occur during childbirth (UNFPA, 2015). All expecting mothers are at risk of experiencing unanticipated problems during childbirth, but almost all of these complications can be treated by competent birth attendants in well-equipped health facilities; nevertheless, in Kenya, only around (43%) of all deliveries take place in health facilities (KDHS, 2016). Investment in maternal-child health care programs is critical for generating economic growth and lowering poverty rates in the country (KNHCR, 2017). The County Maternal Health Program contributes to the creation of policies and standards that address the health barriers that the community has in order to keep them safe. Furthermore, the government has devised effective methods of assisting in the resolution of health issues, particularly given that the directorate has a significant monitoring and assessing role in the operation of the County Maternal Health Program (WHO, 2015). The M & E curriculum is also set to be implemented by a number of institutions of higher education, assisting in ensuring that employees and Kenyans receive proper M&E training. Kenya increased its facility-based delivery rate from 44 percent in

2008 to 61 percent in 2015 (Kenya National Bureau of Statistics (KNBS), 2015). This increase in skilled care deliveries can be attributed in part to Kenya's free maternity care policy, which was implemented in June 2013 (Kenya National Bureau of Statistics (KNBS), 2015). Despite the availability of free maternity treatments in all public health institutions, some Kenyan counties have reported significant maternal and perinatal morbidities and mortality as a result of laboring women being unable to receive emergency transportation to health facilities.

### **County Maternal Health Programmes in Kenya**

Following the first general elections held under Kenya's new Constitution in March 2013, county administrations were constituted (2015). The constitution requires county governments to plan and budget for the supply of goods and services under their jurisdiction. According to USAID (2018), MCH programs in Kenya have been prioritized since the NARC government took office in 2002. However, unlike the adoption of universal health programs, the implementation of MCH programs in the country has been fraught with difficulties, resulting in more deaths than survivors. This is controlled by providing high-quality health-care delivery that assures safe women's delivery and prevents the majority of the difficulties connected with labor (UNFPA, 2015). Every expectant mother faces the danger of unexpected issues during childbirth, but practically every challenging situation can be addressed by competent birth attendants in well-equipped health institutions; nonetheless, in Kenya, about (43%) of all deliveries occur in health facilities (KDHS, 2016). Investment in maternal-child health-care programs is crucial for accelerating economic growth and eliminating poverty in the country (KNHCR, 2017).

This is easily handled by providing high-quality health-care delivery that ensures safe women's deliveries and prevents the bulk of labor complications (UNFPA, 2015). Every expectant mother faces the risk of unexpected complications during childbirth, but virtually every difficult situation can be addressed by competent birth attendants in well-equipped health institutions; despite this, approximately (43 percent ) of all deliveries in Kenya take place in health facilities (KDHS, 2016). Investment in maternal-child health-care programs is critical for the country's economic growth and poverty-eradication efforts (Kenya National Bureau of Statistics (KNBS), 2015). This increase in skilled care deliveries can be attributed in part to the free maternity care policy that was implemented in June 2013. In Kenya, USAID has identified ten counties or regional units as priority locations for maternal health action: Baringo, Kakamega, Kilifi, Kisumu, Kitui, Migori, Nakuru, Samburu, Turkana, and Nairobi's informal settlements. These

counties are spread across Kenya and differ greatly in terms of cultural norms, access to health care, program coverage, poverty levels, and education.

The USAID program has established key national level targets for selected maternal and child health (MCH) indicators among partner countries, with the goal of increasing coverage by 2020, as follows: four or more antenatal care visits, 65 percent; use of skilled birth attendants, 60 percent; facility delivery, 60 percent; and postnatal care within two days of delivery, 55 percent (USAID, 2014). According to the most recent Demographic and Health Survey (DHS) in Kenya, these key maternal health indicators are near to these national goals (KNBS, 2015), while ongoing development in postnatal care, particularly prenatal care, is required. National indicators, on the other hand, have the potential to obscure regional differences and variance based on socioeconomic and demographic variables.

Kenya has several policies that support maternal health and provide strategic direction, including the Kenya Constitution, Vision 2030, the poverty reduction strategy, the Kenya health policy (2012-2030) (Ministry of Health 2012a), the National Health Sector Strategic Plan, the Kenya Health Sector Strategic and Investment Plan 2012-2018 (Ministry of Health 2012b), and the Kenya Reproductive Health Policy (Ministry of Health, 2016), among others. According to current data, qualified health personnel attend less than 61.8 percent of all deliveries in Kenya each year (Owuor & Amolo, 2019). Regular monitoring of policy success is required to respond to implementation challenges and to link the higher expense to the increased achievement. As a result, the need for this investigation was created.

### **Statement of the Problem**

Maternal health is an essential and fundamental human right, as well as a significant predictor of long-term development. Maternal health program implementation has been hampered by poor infrastructure, insufficient financial resources from the central government and stakeholders, a lack of skilled personnel to handle expectant mothers' situations and their children, poorly informed clients, particularly those in rural areas, about the importance of MCH services, and a lack of technology. Inefficiency in M&E is one of the main management stages that has greatly contributed to the failure of operations in government organizations. This is due to the emphasis on monitoring the implementation process as well as progress toward project objectives achievement (Epstein, 2018).

Despite the Kenyan government's efforts to promote Maternal Health Programs, results remain unsatisfactory. Failure in M&E activities calls into question Kenya Vision 2030's plans for a healthy populace contributing to the country's development. Furthermore, Kenya's dismal performance comes as the country seeks to achieve global universal health coverage by 2030. The

country's Maternal Mortality Rate (MMR) is high, with 488 fatalities per 100,000 live births per year, owing mostly to women not giving birth under the care of trained health providers. These high rates of maternal mortality are due to well-known and avoidable factors. Obstructed labor, complications from unsafe abortion, infections, hemorrhage, and elevated blood pressure are among them. The majority of these deaths may be averted if the mother was cared for in a health facility by a skilled health practitioner. However, the majority of women (56 percent) give birth at home due to a shortage of transportation, concerns about negative attitudes of health-care professionals, lengthy distances to health-care facilities, cultural preferences, and service fees that are beyond the means of most women. With the new policies in place, County Maternal Health Programs in Kenya must implement monitoring and evaluation processes in order to minimize the Maternal Mortality Rate. As a result, the purpose of this study was to determine the combined effects of M&E on the performance of county maternal health programs in Kenya.

Likalama (2017) performed a survey of selected private schools in Kenya's Uasin Gishu County to examine the influence of monitoring and evaluation on financial performance. However, the study concentrated on private schools, as opposed to the current study, which concentrated on Maternal Health Programs. Using the example of Constituency Development Fund Projects in Kakamega County, Barasa (2014) evaluated the influence of M&E capacity building on project completion in Kenya. The study, however, did not employ a mixed method design, as the current study does. Therefore, this study aimed at contributing to the understanding of the relationship between monitoring and evaluation practices and performance of County Maternal Health programmes in Kenya.

### **Objectives of the Study**

- i. To examine the extent to which the combined monitoring and evaluation practices influence performance of County Maternal Health Programmes in Kenya.

### **Research Questions**

- i. To what extent does the combined monitoring and evaluation practices influence performance of County Maternal Health Programmes in Kenya?

### **Research Hypothesis**

**H<sub>0</sub>:** There is no significant relationship between the combined monitoring and evaluation practices and performance of County Maternal Health Programmes in Kenya.



## **Monitoring and Evaluation Practices and Performance of Maternal Health Programmes**

A monitoring and evaluation strategy incorporates a number of recognised best practices in the monitoring and evaluation system. Practices are a collection of actions such as planning and coordination, capacity building, surveillance, and data demand that can help to project decision making and learning. According to Scheirer (2017), this has an impact on project sustainability. M&E methods guarantee that project outcomes may be quantified at the impact, outcome, output, process, and input levels, providing a framework for accountability and assisting in making informed decisions at the program and policy levels. Ober (2017) considers monitoring and evaluation practices to be part of design programs because they ensure logical reporting; the process that connects result and demonstration accountability, it quantifies efficiency and effectiveness, ensures effective resource distribution, stimulates continuous learning, and improves decision making (Kinyanjui, Gakuu & Kidombo, 2015).

Monitoring and evaluation procedures enable project management to incorporate critical components of a project such as cost, time, and human resource consequences; they are critical for successful projects and should not be disregarded at the outset (Khan, 2016). As a result, it is critical to ensure that management, as well as donor agencies, understand and are committed to implementing the suggestions resulting from monitoring and evaluation (Ndungu, Gakuu & Kidombo, 2019). It is critical that project implementers understand the methods and thinking that are based on monitoring and evaluation procedures. It is also critical that the project's implementers assume responsibility for the procedures used, are dedicated to them, and feel vested in convincing other stakeholders of their support as well as the long-term advantages.

Building monitoring and evaluation techniques in Health Programs can guide on difficulties such as insufficient capacity-building programs and weak accountability systems. Donors in Sri Lanka employ their own systems rather than government systems to assure accountability by increasing local demand for assessment with an emphasis on utilization and addressing concerns related to skills, procedures, methodology, and data systems (Velayuthan, 2015). It is best practice to plan ahead of time for an M&E system to be effective. This assumption is corroborated by Velayuthan (2015), who finds that an effectively written M&E plan motivates project stakeholders to perform M&E activities before project execution begins. As a result, specifics on how monitoring and evaluation would work inside a project should be written out as soon as possible. There is a need for further detail, which should be reflected in an M&E strategy. For M&E practice to improve tracking project accountability, project information must be fed into it to aid in tracking project

progress. This viewpoint supports that of Santosh (2017), who asserts that monitoring information should be fed into the project monitoring and evaluation process in order to create a data bank that can be used to improve the selection and design of future projects in addition to improving the project. In line with this observation, the study sought to investigate whether M&E information was fed into the M&E process in order to track project progress. M&E practice is critical during project execution, management, and as a tool for project sustainability. This is consistent with Khan (2016), who asserts that if project implementation is to improve performance, M&E practices must be at the center of project implementation. Evaluation in the light of M&E practices has shifted from the study of input and output, as well as their related causality processes, to the assessment of outcome, impact, and/or long-term results. As a result, it is critical that developmental practitioners include M&E methods into all phases of the project cycle in order to assure greater performance and sustainability (Ocharo, Rambo & Ojwang, 2020).

The fundamental challenge for Monitoring and Evaluation in Africa is that the promotion of transparency and, indeed, surveillance is immediately at the heart of opposing political hegemonies, which runs against the theory of social change's advocate of inclusivity. The freedom to present findings in the public realm may be curtailed or outright forbidden (Naidoo, 2018). This has the effect of weakening surveillance, which is a critical component of Monitoring and Evaluation. Such techniques undoubtedly have an impact on the relationship between Monitoring and Evaluation and project outcomes and sustainability. For measurement and data, Benin's Monitoring and Evaluation mechanism relies on the national statistics system. It faces limits such as a lack of data updating capacity, limited access to data to be collected and processed, and information gathering limitations.

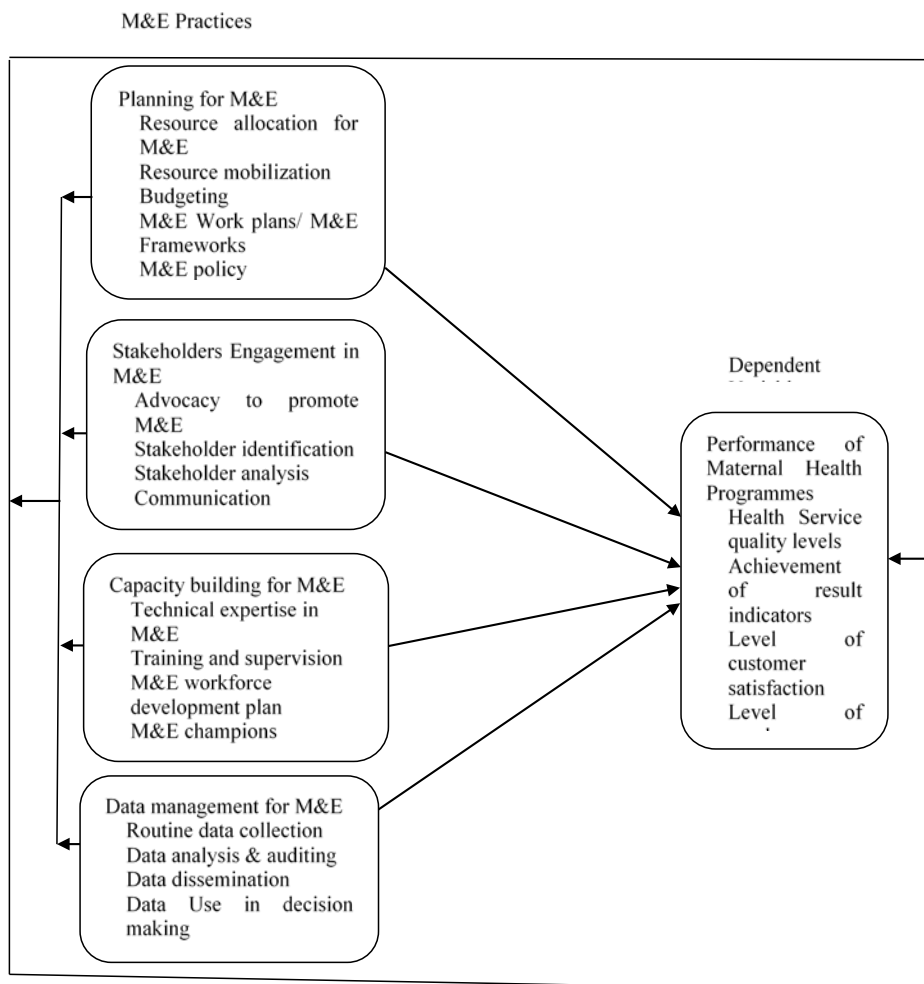
Monitoring and evaluation in health programs may lack credibility if conducted by government agencies without prior verification and authentication, contrary to the theory of change that advocates for checking on implementation for quality to help distinguish between implementation failures and theory failures. Monitoring and evaluation are included in the Vision 2025 development framework in Burundi, with improved practices emerging in the terrain of localized monitoring and synergies being developed across different institutional structures in the Burundi government. Although project and program-based monitoring and evaluation have existed in Kenya since the 1980s, capacity and infrastructural constraints persist in the process of project implementation. Kenya's 2010 Constitution introduced Monitoring and Evaluation evolved governance structures, providing an opportunity to strengthen the country's Monitoring and evaluation practices while also posing a risk to its continued existence, particularly with regard to devolved units' flaccid' accountability mechanisms (John & Khilesh, 2018).



Monitoring and evaluation in Uganda is inextricably linked to the requirement to demonstrate government performance of Health Programs and receptivity to citizens' demands as an indicator of effective governance. In Uganda, monitoring and evaluation are carried out by a section within the Prime Minister's Office (OPM), with a small but expanding arm of evaluative practice by civil society, comprising national and international NGOs working alongside the government. A lack of demand for Monitoring and Evaluation products to aid decision-making is also a barrier, as is developing a culture of managers who use Monitoring and Evaluation data to improve performance (Sugut & Rambo, 2017). The incentive mechanism for driving Monitoring and Evaluation procedures in public-sector systems is likewise deficient. The limited use is ascribed to poor information distribution and the institution's inability to establish capability for timely information generation and dissemination (Crawford & Bryce, 2016).

Ensuring the efficient application of monitoring and evaluation procedures in health programs necessitates consideration of practical challenges from the outset. The government and donors should keep a tight eye on things through agreed-upon project planning and control processes. The Monitoring and Evaluation Programme Plan would need to be developed and incorporated into the Project Implementation Plan or Manual (PIP/PIM), with provisions for annual or more regular updates if necessary (Reuben & Arévalo, 2015). It is critical to highlight that project implementers focus their attention on projects during the implementation cycle rather than at the start of the project during the conceptualization stage.

## Conceptual Framework



## Research Methodology

### Study Population

The target population is the complete set of individuals or objects to which researchers want to generalize the research findings, whereas the accessible population is assessed based on the elements in the subject population within the scope of the study. The study's target population was County Maternal Health Programmes from Kenya's eight regional blocks (Central, Western, Coast, Rift Valley, Eastern, North Eastern, and Nairobi), with one county chosen from each block. However, two counties were picked from the Rift Valley block since it is large and has many counties to allow for equitable representation. The study targeted nine counties with 388 hospitals. From these counties the target population comprised of staff from level 4 and

5 hospitals (Nurses, Clinical officers, Medical officers, Nutritionists, Pharmacists, Health Records, Laboratory technologists, Counsellors, Medical superintendents, Hospital administrators, Nursing services managers and MCH in charge), County Health Management Team members, County governors/deputy governor, County Executive Members for Health, County Chief Officers for Health, County delivery unit members and Maternal health NGOs. The study considered medical staff from all the regional blocks in Kenya for representation and allow for generalization of data on maternal health programmes. The medical staff were also selected as they are familiar with maternal health programmes. This is as illustrated in Table 1.

**Table 1.**Target Population Distribution

Category	Population	Ratio
Nurses	198	17.0
Clinical officers	113	9.7
Medical officers	65	5.6
Nutritionists	102	8.8
Pharmacists	78	6.7
Health Records	61	5.2
Laboratory technologists	142	12.2
Counsellors	67	5.8
Medical superintendents	36	3.1
Hospital administrators	36	3.1
Nursing services managers	36	3.1
MCH in charge	36	3.1
County Health Management Team members	90	7.7
County governors/deputy governor	9	0.8
County Executive Members for Health	9	0.8
County Chief Officers for Health	9	0.8
County delivery unit members	27	2.3
Maternal health NGOs	35	3.0
National MoH officers	16	1.4
Total	1165	100

### Sample size

A sample is a subset of a specific population chosen for the purpose of the study in order to draw conclusions about the population. The sample size of 282 was attained using (Yamane, 1967) simplified formula. This formula was used to compute the size of the sample as shown in the formula

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2}$$

Where; n is the sample size  
 N is the population size and  
 e is the margin of error.

$$\begin{aligned}
 N &= 1165 \\
 e &= 0.05 \\
 n &= \frac{1165}{1 + 1165(0.05)^2} \\
 &= 282
 \end{aligned}$$

Stratified random sampling was used to obtain a sample from each stratum. Stratified random sampling was chosen because it ensured small groups are represented in the sample. The categories formed strata from which the study sample was obtained. The formation of strata was based on the county officials linked to the health sector making each stratum a group of units with special characteristics. The sample was therefore 282 as shown in Table 2.

**Table 2. Sampling Design**

	Population	Ratio	Sample
1. Nurses	198	0.24	48
2. Clinical officers	113	0.24	27
3. Medical officers	65	0.24	16
4. Nutritionists	102	0.24	24
5. Pharmacists	78	0.24	19
6. Health Records	61	0.24	15
7. Laboratory technologists	142	0.24	34
8. Counsellors	67	0.24	16
9. Medical superintendents	36	0.24	9
10. Hospital administrators	36	0.24	9
11. Nursing services managers	36	0.24	9
12. MCH in charge	36	0.24	9
13. CHMT members	90	0.24	22
14. County governors	9	0.24	2
15. County Executive Members for Health	9	0.24	2
16. County Chief Officers for Health	9	0.24	2
17. County delivery unit members	27	0.24	7
18. Maternal health NGOs	35	0.24	9
19. National MoH officers	16	0.24	4
Total target population	1165		282

### Data collection

The primary data was collected from the Medical officers, Clinical Officers, Nurses, Trained Community health workers, County Health Management Team (CHMT), County Delivery Unit officers in all counties by the research assistants. The research assistants used a drop and pick later method of questionnaire administration. Other questionnaires were filled in the presence of research assistants to avoid loss of questionnaires. The County Governors or their deputies, County executive committee members for health

(CEC health), County chief officers for health (CO health), County directors of health, the in charge of maternal health at the county level and Maternal health NGO officials working in the region were interviewed by the researcher assisted by well-trained research assistants.

### **Data collection instruments**

A self-administered questionnaire was used to collect primary data. Medical officers, Clinical Officers, Nurses, Trained Community Health Workers, County Health Management Team (CHMT), and County Delivery Unit officers were chosen to fill in the questionnaire.

### **Pilot Testing of Instruments**

Pilot testing was done to pretest the quality of research instruments in their ability to measure study concepts. During pilot testing, 32 questionnaires were administered to staff in the Ministry of Health headquarters in Kenya and selected counties at random representing 10% sample size. The results of the pilot test formed the basis for refining questionnaire items before administering the questionnaire on the study population. Burns et al (2015) suggest that the role of pretesting is to gain knowledge on how the questionnaire would be interpreted by the respondents. Pretesting was important for testing the appropriateness of measures, in order to gain insight as to whether the same questions were answered consistently in the same way. Validity can be classified into three types: construct validity, criterion validity, and content validity. A variety of measures were taken to achieve construct validity. One of the measures was to have my supervisors evaluate the questionnaire for appropriateness and meaning. Other measures included soliciting feedback from a panel of experts in the field of study to determine whether constructs were being measured correctly. To further enhance construct validity or suitability of indicators, factor analysis was done using principal component analysis (PCA) and those indicators found not to be suitable were left out in further statistical analysis. Factor loading for each item also gave an indication as to whether the constructs were distinct from each other (Thong & Olsen, 2017). Similarly, for content validity, a panel of experts reviewed the items in the instruments for appropriateness and clarity. The recommendations of experts including that of my supervisors and conclusions from pilot testing were used to review the research instrument items where necessary in as far as retaining meaning, change or elimination of questions (Bowden, Fox-Rushby & Nyandieka, 2017).

Reliability was enhanced by use of the split half method on the questionnaire. The reliability of the instrument was tested to determine the usefulness of the questionnaires to the current study. Burns et al. (2015) argue that reliability testing is important for new questionnaires because they have

not been used in previous studies and therefore their reliability is not known. To test reliability through the split half method, items of the same construct were split into two to obtain two sets from the same questionnaire. However, during piloting the entire instrument was administered to a population similar to that of the study area. The credibility of the qualitative instruments was ensured through consultations with research experts and the supervisors. Split half method for reliability requires only one administration of questionnaire to respondents. The administered questionnaire test results were split into two using an even and odd approach. Total scores for each half of scores were calculated for each respondent. Correlation between even and odd test results was computed to obtain a Cronbach's Alpha coefficient. A Cronbach Alpha reliability coefficient varies from 0 and 1. According to Creswell (2017) reliability of 0.7 and above is considered sufficient. The instrument was considered reliable if the Cronbach Alpha reliability coefficient is 0.7 and above. Cronbach's alpha ( $\alpha$ ) was used to calculate the reliability coefficient of the research instrument:

$$\alpha = k/k-1 \times [1 - \sum (S^2) / \sum S^2_{sum}]$$

Where:  $\alpha$  = Cronbach's alpha

k = Number of responses

$\sum (S^2)$  = Variance of individual items summed up

$\sum S^2_{sum}$  = Variance of summed up scores

The findings for the reliability were presented in Table 3.

**Table 3.** Reliability Analysis

Variable	Cronbach's Alpha	Number of items	Decision
Planning for M&E	0.915	25	Reliable
Stakeholders Engagement in M&E	0.831	25	Reliable
Capacity Building for M&E	0.773	25	Reliable
Data Management for M&E	0.819	25	Reliable
Performance of County Maternal Health programmes	0.909	25	Reliable
Composite Cronbach's Alpha	0.849		

From the results in Table 3, planning for M&E had an alpha value of 0.915, performance of County Maternal Health programmes had an alpha value of 0.909, stakeholders engagement in M&E had an alpha value of 0.831, data management for M&E had an alpha value of 0.819 while capacity building for M&E had an alpha value of 0.773. Cronbach's alpha was 0.869 as a whole. Because the Cronbach's alpha coefficient obtained was greater than 0.7, which is desirable, and less than 0.6, which is acceptable (Creswell, 2017), it was concluded that the internal consistency reliability measures used were

high and adequately measured the study's variables, and were thus considered for further analysis. The above reliabilities were calculated using data from a pilot study. The instrument was then tweaked to incorporate the findings of the pilot study. As a result, it aided in improving the instrument's validity and final reliability.

The primary data was collected from the Medical officers, Clinical Officers, Nurses, Trained Community health workers, County Health Management Team (CHMT), County Delivery Unit officers in all counties by the research assistants. The research assistants used drop and pick later method of questionnaire administration. Other questionnaires were filled in the presence of research assistants to avoid loss of questionnaires.

### **Data Analysis Techniques**

This study utilized the descriptive and inferential statistics. Quantitative data was descriptively analyzed by use of measures of central tendencies and measures of dispersion. The measure of central tendency was the arithmetic mean while standard deviation was the measure of dispersion. The standard deviation determines how strong or weak data is from the measure of central tendency which is arithmetic mean.

The dependent variable which is the performance of the County Maternal Health Programme in Kenya is a single variable therefore univariate analysis was used to describe its properties. According to Bhattacharjee (2017), univariate analysis is a technique used to describe one variable. Consequently, this study used mean and standard deviation to describe performance of County Maternal Health programmes in Kenya.

According to Bonnett (2015), Pearson correlation is a way of knowing if two variables are related. Correlation between two variables is called bivariate correlation (Nachmias & Nachmias, 1996). Therefore, the study established if monitoring and evaluation practices separately are correlated to Performance of County Maternal Health programmes. Correlation coefficient ( $r$ ) obtained in each case will indicate the existence of association and the extent two variables are associated. The correlation coefficient  $r$  ranges between -1 and +1 where -1 indicates that two variables are negatively perfectly correlated and +1 indicates the two variables are positively perfectly correlated. Therefore, a negative coefficient indicates a reverse relationship between the variables and a zero value of  $r$  means the variables are not correlated. The significance of correlation was established through a nondirectional null hypothesis:  $H_0: r \neq 0$ . Significance testing of correlation between two variables was done using a two tailed t-test. This is in agreement with Kothari (2017) and Bhattacharjee (2017) who indicate that correlation significance is tested with one tailed t-test or two tailed t-test. If p value is less than 0.05/2 then the null hypotheses regarding the non-significance of  $r$

were rejected and the alternative hypothesis accepted at significance level alpha 0.05.

To test the hypotheses, the study used the regression and correlation models. The null hypotheses were rejected if their p-values were less than 0.05 and were accepted when their p-values were greater than 0.05.

## Research Findings

The study objective of this study was to examine how monitoring and evaluation practices influence performance of County Maternal Health Programmes in Kenya. The combination of planning for M&E, stakeholder engagement, capacity building for M&E, M&E data use was referred to as combined monitoring and evaluation practices. The combined influence of these factors on performance of County Maternal Health Programmes was tested using inferential statistics.

## Descriptive Analysis

The combined monitoring and evaluation practices were measured in terms of planning for M&E, stakeholder engagement, capacity building for M&E, and M&E data use. The composite mean and standard deviation of these factors are shown in Table 4.

**Table 4.** Descriptive Analysis

	Mean	Std. Dev.
Planning for M&E	3.893	0.529
Stakeholders Engagement in M&E	4.092	0.787
Capacity Building for M&E	4.001	0.800
Data Management for M&E	3.770	0.800

The study found the respondents agreed that stakeholders' engagement in M&E (mean score of 4.092 and a standard deviation of 0.787), and capacity building for M&E (mean score of 4.001 and a standard deviation of 0.800) influenced the performance of County Maternal Health Programmes in Kenya. The study also found that the respondents agreed that planning for M&E (mean of 3.893 and a standard deviation of 0.529) and the data management for M&E (mean score of 3.770 and a standard deviation of 0.800). This implied that the combined monitoring and evaluation practices influence performance of County Maternal Health Programmes in Kenya.

## Inferential Statistics

### Correlation Analysis

Correlation analysis of combined monitoring and evaluation practices as the independent variable and performance of county maternal health



programmes as the dependent variable was conducted to examine the strength and direction of the relationship. As shown in Table 5.

**Table 5.** Correlation between Monitoring and Evaluation Practices and Performance of County Maternal Health Programmes

		Planning for M&E	Stakeholder Engagement for M&E	Capacity building for M&E	Data Management for M&E
Performance of County Maternal Health Programmes	Pearson Correlation	0.859	0.838	0.796	0.855
	Sig. (2-tailed)	.023	.001	.028	.042

Outcomes in Table 5 indicate a positive and significant coefficient among the variables. Planning for M&E had a strong and positive correlation on performance of county maternal health programmes ( $r=0.859$ ,  $p=0.023$ ), stakeholder engagement for M&E and performance of county maternal health programmes were strongly and positively correlated ( $r=0.838$ ,  $p=0.001$ ), capacity building for M&E and performance of County Maternal Health Programmes were also strongly and positively correlated ( $r=0.796$ ,  $p=0.028$ ) while data management for M&E and performance of County Maternal Health Programmes were established to have a strong and positive correlation ( $r=0.855$ ,  $p=0.042$ ). This is an indication that combined monitoring and evaluation practices had a positive influence on performance of County Maternal Health Programmes in Kenya.

### Hypothesis Testing

In addition, multiple regression analysis was carried out in accordance with the study's objective, which was to investigate how combined monitoring and evaluation practices influence the performance of county maternal health programs in Kenya. For each variable, a composite index was calculated and used in hypothesis testing. The linear regression was used to test the null hypothesis in accordance with the objective.

To meet the objective, the following hypothesis was tested using a simple regression model.

$H_0$ : There is no significant relationship between the combined monitoring and evaluation and performance of County Maternal Health Programmes in Kenya

The following was the mathematical model used to test the null hypothesis:

Performance of County Maternal Health Programmes =  $f$  (planning for M&E, stakeholders engagement in M&E, capacity building for M&E and Data Management for M&E)

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, \epsilon)$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_4X_4 + \epsilon$$

Where  $Y$  = Performance of County Maternal Health Programmes  
 $X_1$  = Planning for M&E  
 $X_2$  = Stakeholders engagement in M&E  
 $X_3$  = Capacity building for M&E  
 $X_4$  = Data management for M&E  
 $\beta_0$  = Constant term  
 $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  and  $\beta_4$  = Beta coefficients  
 $\epsilon$  = Error term

Table 6 shows the regression results for the influence of combined monitoring and evaluation practices on the performance of county maternal health programs in Kenya.

**Table 6.** Regression Analysis Findings

Model Summary						
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate		
1	0.849	0.721	0.714	1.490		
ANOVA						
Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	921.983	4	230.496	101.895	1.02E-42
	Residual	357.41	158	2.262		
	Total	1279.393	162			
Regression Coefficients						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.267	0.182		6.962	.001
	Planning for M&E	0.889	0.143	0.859	6.217	.014
	Stakeholder engagement for M&E	0.895	0.245	0.838	3.653	.013
	Capacity building for M&E	0.802	0.212	0.796	3.783	.007
	Data Management for M&E	0.911	0.265	0.855	3.438	.016
<b>Predictors:</b> (constant), Planning for M&E, Stakeholder Engagement for M&E, Capacity Building for M&E, Data Management for M&E						
<b>Dependent Variable:</b> Performance of County Maternal Health Programmes						

Table 6 shows that  $r=0.849$ . This indicates that combined monitoring and evaluation practices have a strong relationship with performance of county maternal health programmes in Kenya.  $R^2 = 0.721$  indicating that combined monitoring and evaluation practices explain 72.1% of the variations in the performance of county maternal health programmes in Kenya. The results on test of significance also indicate that; planning for M&E ( $\beta=0.859$ ,  $p<0.014$ ), stakeholders engagement in M&E ( $\beta=0.838$ ,  $p<0.013$ ), capacity building for M&E ( $\beta=0.796$ ,  $p=0.007$ ), data management for M&E ( $\beta=0.855$ ,  $p=0.016$ ) were all-significant at  $p<0.05$  and 95% confidence level. This result implies that combined monitoring and evaluation practices explain 72.1% of the

variations in the performance of county maternal health programmes in Kenya.

The overall F statistics, ( $F=101.895$ ,  $p<1.02E-42<0.05$ ), indicated that there was a statistically significant link between combined monitoring and evaluation practices and performance of County Maternal Health Programmes in Kenya. As a result, the null hypothesis was rejected, and it was concluded that there is a significant relationship between the combined monitoring and evaluation practices and performance of County Maternal Health Programmes in Kenya.

The regression model can be substituted using the statistical findings in Table 5 as follows:

$$Y = 1.267 + 0.859X_1 + 0.838X_2 + 0.796X_3 + 0.855X_4$$

Where:  $X_1$  = Planning for M&E  
 $X_2$  = Stakeholders engagement in M&E  
 $X_3$  = Capacity building for M&E  
 $X_4$  = Data Management for M&E

From the findings, combined monitoring and evaluation practices had a positive influence on performance of County Maternal Health Programmes in Kenya. This was in line with Scheirer (2017) that M&E practices ensure that project results at the levels of impact, outcome, output, process, and input can be quantified in order to provide a framework for accountability and to aid in making informed decisions at the program and policy levels. Ober (2017) supports the findings by stating that monitoring and evaluation practices as part of design programs ensure logical reporting; the process that connects result and demonstration accountability, it quantifies efficiency and effectiveness, ensures effective resource distribution, stimulates continuous learning, and improves decision-making.

The study found that combined monitoring and evaluation practices significantly influences performance of County Maternal Health Programmes in Kenya. This was supported by Velayuthan (2015) who observes that an M&E plan that is adequately documented encourages project stakeholders what to do in terms of M&E activities before implementation of a project begins. Therefore details of how monitoring and evaluation will work within a project should be written up at the earliest possible time. There is a need to provide greater detail which should be captured in an M&E plan. For M&E practice to enhance tracking project accountability there is a need to feed project information into it so as to help in tracking of project progress. This view supports that from Santosh (2017) that avers that Monitoring information should be fed into the project monitoring and evaluation process to build up data bank that can be used to improve the selection and design of future projects besides improving the project, in line with this observation the study

sought to investigate in M&E information was fed into the M&E process to track project transaction and enhancing improvements.

## **Conclusions**

The study found that M&E planning (Mean=3.893) had a great influence on the performance of Kenya's County Maternal Health Programmes. It was also concluded that M&E planning has a statistically significant influence on the performance of Kenya's County Maternal Health Programmes. The research also found that stakeholder involvement in M&E (Mean=4.092) had a great influence on the performance of Kenya's County Maternal Health Programmes. The stakeholder involvement in M&E was also concluded to have a statistically significant impact on the performance of Kenya's County Maternal Health Programs. The study found that capacity building for M&E (Mean=4.001) had a great influence on the performance of Kenya's County Maternal Health Programmes. Capacity building for M&E was also concluded ( $\beta=0.796$ ,  $p=0.007$ ) to have a statistically significant impact on the performance of Kenya's County Maternal Health Programs. The study found that data management for M&E (Mean=3.770) had a great influence on the performance of Kenya's County Maternal Health Programmes. The researchers also concluded that data management for M&E has a statistically significant influence on performance of County Maternal Health Programmes in Kenya.

Since the overall F statistics, ( $F =101.895$ ,  $p<1.02E-42<0.05$ ), indicated that there was a statistically significant link between combined monitoring and evaluation practices and performance of County Maternal Health Programmes in Kenya. As a result, the null hypothesis was rejected, and it was therefore concluded that there is a significant relationship between the combined monitoring and evaluation practices and performance of County Maternal Health Programmes in Kenya.

## **Recommendations of the Study**

### **Recommendations on Policy**

From the findings that monitoring and evaluation practices have a significant influence on the performance of County Maternal Health Programmes in Kenya, the researchers suggest that policymakers should devise and implement a comprehensive monitoring and evaluation strategy that targets actors at all levels. After the intergovernmental forum and the respective leadership at the national and county levels have endorsed and adopted the guidelines, agreement on the monitoring and evaluation Improvement Plan will be required. This plan will serve as the foundation for advocacy and engagement with government at the national and county levels, with the goal of increasing allocations and direct investments in M&E capacity

strengthening. It will also serve as a foundation for convergence, reducing redundant investments in M&E.

### **Recommendations on Practice**

- i. The study reveals that effective stakeholder participation in M&E can improve transparency, accountability, project and program sustainability, and ensure positive community stakeholder attitudes toward projects. The researchers suggest that there is a need to increase stakeholder engagement in M&E training and awareness. Key stakeholders must also have the necessary qualifications and experience in developing a work breakdown structure for the project.
- ii. The researchers also recommend that training be provided to develop M&E human capacity, allowing M&E systems to be managed effectively. As a result, more M&E formal and refresher training should be included in the programs to increase the capacity of M&E personnel.
- iii. The study found that good data management entails developing effective processes for collecting and recording data on a consistent basis, storing data securely, backing up data, cleaning data, and modifying data so that it can be transferred between different types of software for analysis. The researchers recommend involving primary beneficiaries in key M&E areas such as data collection, M&E data dissemination, and decision making to improve the effectiveness of MHP activities using quality M&E data and information. This should be done carefully, at least once a year, so that their involvement does not cause project delays.

### **References:**

1. Akhter, A. (2015). Enhancing Stakeholder's Involvement In Project Monitoring Among Metropolitan, Municipal and district Assemblies: A Case Study of Atwima Mponua District Assembly.
2. Banchani, E., & Tenkorang, E. Y. (2014). Implementation challenges of maternal health care in Ghana: the case of health care providers in the Tamale Metropolis. *BMC health services research*, 14(1), 7-19.
3. Barasa, S. G. (2014). Guidelines on Monitoring and Evaluation. *Short Cuts*, 2(7), 1-11.
4. Bhattacharjee, J. (2017). Managerial and organizational factors associated with company performance-part II. A contingency analysis. *Journal of Management Studies*, 12(1-2), 12-27.
5. Bickman, L., Kelley, S. D., Breda, C., de Andrade, A. R. & Riemer, M. (2018). Effects of routine feedback to clinicians on mental health

- outcomes of youths: Results of a randomized trial. *Psychiatric Services*, 62(12), 1423-1429.
6. Bonnett, S. (2015). Resource allocation in project management. *International Journal of Economic Practices and Theories*, 2(4), 274-282.
  7. Bowden, T., Fox-Rushby, N. & Nyandieka, H. C. (2017). Health disparities across the counties of Kenya and implications for policy makers, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet Global Health*, 7(1), e81-e95.
  8. Burke, W. W. (2017). *Organization change: Theory and practice*. New Jersey: Sage Publications
  9. Burns, R. P. & Burns, R. (2015). *Business research methods and statistics using SPSS*. Newcastle: Sage.
  10. Chowdhury, M. (2015). *Toolkits: A practical guide to planning, monitoring, evaluation and impact assessment*. London: Save the Children UK.
  11. Constitution of Kenya. (2015). Government printer. Kenya: Nairobi.
  12. Crawford, P. & Bryce, P. (2016). Project monitoring and evaluation: a method for enhancing the efficiency and effectiveness of aid project implementation. *International journal of project management*, 21(5), 363-373.
  13. Creswell, J. W. & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
  14. Creswell, J. W. & Garrett, A. L. (2015). The movement of mixed methods research and the role of educators. *South African journal of education*, 28(3), 321-333.
  15. Creswell, L. (2017). *Project Management: Strategic Design and Implementation*, (4<sup>th</sup> ed). Columbus
  16. Dess, G. G. & Beard, D. W. (1984). Dimensions of organizational task environments. *Administrative science quarterly*, 4, 4(1), 52-73.
  17. Dieleman, J., Murray, C. M. L., Haakenstad, A., Graves, C., Johnson, E., Templin, T., ... & Leach-Kemon, K. (2015). *Financing global health 2014: shifts in funding as the MDG era closes*. Seattle, WA: Institute for Health Metrics and Evaluation.
  18. Donaldson, D. (2016). *The Effect of Organizational Culture on Performance of maternal health programmes: A Case of Kenya School of Monetary Studies (Ksms)*. Doctoral dissertation, United States International University-Africa.
  19. Donaldson, S. I., & Lipsey, M. W. (2014). *Roles for theory in evaluation practice*. Title.
  20. Dyason, J. R. (2015). The eye diagram: A new perspective on the project life cycle. *Journal of Education for Business*, 80(1), 10 – 16.

21. Eisenhardt, K. M. & Martin, J. A. (2000). Dynamic capabilities: what are they?. *Strategic management journal*, 21(10-11), 1105-1121.
22. Elmusharaf, K., Byrne, E., & O'Donovan, D. (2015). Strategies to increase demand for maternal health services in resource-limited settings: challenges to be addressed. *BMC public health*, 15(1), 870-892.
23. Epstein, M. (2018). Strengthening the monitoring and evaluation practices of HIV and AIDS projects in CHILDFUND Uganda.
24. Fiedler, F. E. (1964). A contingency model of leadership effectiveness. In *Advances in experimental social psychology* (Vol. 1, pp. 149-190). Academic Press.
25. GOK. (2016). Kenya Health Strategic Plan.
26. Gupta, P. (2016). A guide to project monitoring & evaluation. AuthorHouse.
27. Issel, L. M. & Wells, R. (2017). Health program planning and evaluation. Jones & Bartlett Learning.
28. John, M. & Khilesh, C. (2018). Planning, Monitoring and Evaluation in Development Organizations. Newcastle: Sage Publications.
29. Kang, Y., Cho, M., Rahman, M. M. & Dutta, M. L. (2020). Design of a collaborative monitoring and evaluation system for a community-based nutrition project in rural Bangladesh. *Evaluation and Program Planning*, 101892.
30. Karani, F. N., Bichanga, W. O., & Kamau, C. G. (2019). Effective use of monitoring and evaluation systems in managing HIV/AIDS related projects: A case study of local NGOS in Kenya. *Science Journal of Business and Management*, 67-75.
31. Karanja, J. W., & Yusuf, M. (2018). Role of monitoring and evaluation on performance of non-governmental organizations projects in Kiambu County. *International Journal of Management and Commerce Innovations*, 6(1), 649-664
32. Kasina, M. (2016). Challenges facing pregnant women in accessing free maternity services: The case of level five and six hospitals in Kenya (Doctoral dissertation, School of Economics in Partial Fulfilment of the Requirements for the Award of the Degree of Masters of Science in Health Economics and Policy, University of Nairobi).
33. KDHS. (2016). Health Survey (2015-2016). Nairobi: KNBS.
34. Kenya National Bureau of Statistics [KNBS], Ministry of Health/Kenya, National AIDS Control Council/Kenya, Kenya Medical Research Institute, National Council for Population and Development/Kenya, and ICF International. (2015). Kenya Demographic and Health Survey 2014.



35. Khan, D. B. (2016). Measuring Project Success in the Construction Industry. *Electronic Journal of Business Research Methods*, 6(1), 43-52
36. Kibukho, K., Kidombo, H, & Gakuu, C. (2015). The influence of gender in the relationship between Participatory Monitoring and Evaluation, and Citizen Empowerment. In: 1st DBA-Africa Management Review International Conference. Nairobi.
37. Kinyanjui, J.N., Gakuu, C.M., & Kidombo, H.K. (2015). Monitoring and Evaluation Skills, Performance Contracting System and Organizational Performance in Government Ministries in Kenya. *International Journal of Scientific and Research*. 5(7), 56-83.
38. KNCHR (2017). *On the Brink of Precipice: A Human Rights Account of Kenya's Post 2007 Election Violence*.
39. Lawrence, P. R. & Lorsch, J. W. (1967). Differentiation and integration in complex organizations. *Administrative science quarterly*, 2(5), 1-47.
40. Likalama, B. W. (2017). Improving the quality of health information: a qualitative assessment of data management and reporting systems in Botswana. *Health research policy and systems*, 12(1), 7-11.
41. Ministry of Health [Kenya]. (2016). *Kenya Reproductive, Maternal, Newborn, Child and Adolescent Health (RMNCAH) Investment Framework*. Nairobi, Kenya: Ministry of Health [Kenya].
42. Ministry of Health. (2012a). *Kenya Health Policy 2012-2030*. Nairobi, Kenya: Ministry of Health.
43. Ministry of Health. (2012b). *Transforming Health: Accelerating Attainment of Health Goals Health Sector Strategic and Investment Plan (KHSSP). July 2013-2017. The second medium plan for health*. Nairobi, Kenya: Ministry of Health.
44. Mitungu, P. M., & Sakwa, M. (2020). Establish how monitoring and evaluation of beneficiaries' health affects performance health project in Kakamega County, Kenya. *The Strategic Journal of Business & Change Management*, 7(3), 373 – 394.
45. Moindi, R. O., Ngari, M. M., Nyambati, V. C. & Mbakaya, C. (2015). Why mothers still deliver at home: understanding factors associated with home deliveries and cultural practices in rural coastal Kenya, a cross-section study. *BMC public health*, 16(1), 114-116.
46. Nachmias, C. & Nachmias, D. (1996). *Research Methods in the social Sciences*, 5.
47. Naidoo, R. (2018). Rethinking development: Higher education and the new imperialism. *Handbook on globalization and higher education*, 6(8), 40-58.



48. Nalianya, E. O. (2015). Understanding project monitoring and evaluation. Nairobi: EKON Publishers.
49. Nalianya, M. & Wanyonyi, S. L. (2017). Monitoring and Evaluation Systems and Performance of Non-Governmental Based Maternal Health Projects in Bungoma South Sub-County, Kenya. *European Scientific Journal* 13(23), 34-81.
50. Ndungu, A. W., Gakuu, C. M. & Kidombo, H.J. (2019). Monitoring and Evaluation Processes on Performance of HIV Prevention Projects For Adolescents in Kisumu County, Kenya. *European Journal of Business and Management Research*, 4(6), 23-56.
51. NEA. (2014). Monitoring and Evaluation: Some Tools, Methods and Approaches. Washington, D.C.: OED.
52. Ober, H. T. (2017). Project monitoring and evaluation: a method for enhancing the efficiency and effectiveness of aid project implementation. *International Journal of Project Management*, 21(1), 363–373.
53. Ocharo, D.R., Rambo, C. & Ojwang, B. (2020). Influence Of Monitoring And Evaluation Frameworks On Performance Of Public Agricultural Projects In Galana Kilifi County, Kenya. *European Journal of Physical and Agricultural Sciences*, 8 (1), 96-123.
54. OED & AfrDB. (2018). Evaluation Capacity Development in Africa: Selected Proceedings. Washington, D.C.: OED, World Bank.
55. Owuor, H., & Amolo, A. S. (2019). Interrupted time series analysis of free maternity services policy in Nyamira County, Western Kenya. *Plos one*, 14(5), e0216158.
56. Patton, M. Q. (2015). Utilization-focused evaluation. Newcastle: Sage publications.
57. Pilcher, J. M., Young, P., Weatherall, M., Rahman, I., Bonser, R. S. & Beasley, R. W. (2017). Defining the Type of M&E System: Clients, Intended Uses, and Actual Utilization.
58. Polidano, C. (2020). Measuring public sector capacity. *World Development*, 28(5), 805-822.
59. Porters, M. E. (1980). *Competitive Strategy, Creating and Sustaining Superior Performance*.
60. Reuben, W. & Arévalo, B. (2015). Influential evaluations: Evaluations that improved performance and impacts of development programs. Operations Evaluation Department (now renamed Independent Evaluation Group). Washington, DC: World Bank.
61. Rossi, P. H. (2017). Evaluating with sense: The Theory Driven Approach. *Evaluation Review*, 7(5), 283 – 302.

62. Santosh, M. (2017). Monitoring, evaluation and performance management in South Asia: The challenge of building capacity. *Evaluation*, 19(1), 74-84.
63. Scheirer, M. A. (2017). Planning Evaluation Through the program life Cycle. *American Journal of Evaluation*, 33(2), 263-294.
64. Seith, S. & Philipines, I. (2017). Evaluation and Theory of change. In workshop on randomized evaluation to improve financial capability innovation for poverty action (IPA). Clin Otolaryngol: National Institute of Clinical.
65. Stake, R. E. (2016). Pesquisa qualitativa: estudando como as coisas funcionam. Penso Editora.
66. Sugut, W.K. & Rambo, C. (2017). Influence of Monitoring and Evaluation on Sustainability of HIV/Aids Programmes among Community Based Organizations in Kericho County, Kenya. *Journal of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS)*, 22(10).
67. Thong, N. T. & Olsen, S. O. (2017). Attitude toward and consumption of fish in Vietnam. *Journal of food products marketing*, 18(2), 79-95.
68. UNDP (2018). United Nations Development Programme.
69. UNFPA (2018, August 13). Counties with the Highest Burden of Maternal Mortality .Retrieved from UNFPA Kenya: <http://kenya.unfpa.org/news/counties-highest-burden-maternal-mortality>.
70. UNFPA. (2015) Guidance on Capacity Building for HIV Monitoring and Evaluation. Geneva: UNFPA.
71. UNICEF (2016). Who Are the Question-Makers? A Participatory Evaluation Handbook. New York: Office of Evaluation and Strategic Planning.
72. USAID (2018). Framework 2011-2015. Policy Framework. USAID.
73. USAID. (2014). Ending Preventable Maternal Mortality: USAID Maternal Health Vision for Action. Washington, D. C.: USAID.
74. Velayuthan S. (2015). National monitoring and evaluation system in Sri Lanka. Experiences, good practices, challenges and the way forward. Developing capacities for country monitoring and evaluation systems.
75. Wamalwa, E. W. (2015). Implementation challenges of free maternity services policy in Kenya: the health workers' perspective. *Pan African Medical Journal*, 22(1).
76. Weiss, C. H. (1972). Methods for assessing program effectiveness. New Jersey: Englewood Cliffs.
77. Weiss, J. M. (1972). Psychological factors in stress and disease. *Scientific American*, 226(6), 104-113.

78. World Bank. (2017). The World Bank: New Directions in Justice Reform. A Companion Piece to the Updated Strategy and Implementation Plan on Strengthening Governance, Tackling Corruption. International Bank for Reconstruction and Development / International Development Association or The World Bank.
79. World Bank. (2018). Navigating the Storm; Delivering the Promise: With a Special Focus on Kenya's Moments Devolution, Poverty Reduction and Economic Management. Unit Africa region.
80. World Health Organization. (2015). World malaria report 2014. World Health Organization.
81. World Health Organization. (2016). Monitoring and evaluating digital health interventions: a practical guide to conducting research and assessment.
82. World Health Organization. (2017). The world health report 2017: reducing risks, promoting healthy life. World Health Organization.
83. Yamane, T. (1967). An introductory analysis. Harper and Row, New York.

## **Impact de la Phénologie des Espèces Ligneuses Préservées de Savane sur L'évolution des Milieux Modifiés par L'activité Anthropique dans le Nord-Est Ivoirien. L'exemple des Savanes Soudaniennes de la Région de Bouna**

**Kambiré Sambiré, Maître-assistant**  
Université Peleforo Gon Coulibaly,  
Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p69](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p69)

Submitted: 21 August 2021  
Accepted: 10 September 2021  
Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)  
Under Creative Commons BY-NC-ND  
4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Kambiré S. (2021). *Impact de la Phénologie des Espèces Ligneuses Préservées de Savane sur L'évolution des Milieux Modifiés par L'activité Anthropique dans le Nord-Est Ivoirien. L'exemple des Savanes Soudaniennes de la Région de Bouna*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 69.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p69>

### **Résumé**

Les savanes soudaniennes sont caractérisées par les groupements d'arbres utiles protégés, organisés en vergers ou en parcs. Ces ligneux conduisent à un retour remarquable à la physionomie originelle des divers faciès de végétation profondément modifiés à travers l'apparition et la chute de leurs feuilles, fleurs et fruits. On peut alors s'interroger sur le rôle de ces phases phénologiques dans la restauration des milieux transformés par l'activité anthropique. Cette étude vise à montrer le processus de régénération des milieux transformés par l'homme à partir des cycles phénologiques des ligneux épargnés par les défrichements. Elle contribue à améliorer la capacité des communautés rurales à planifier et à gérer durablement les ressources environnementales en savanes soudaniennes. Elle repose sur le postulat d'une restauration des faciès des milieux végétaux modifiés à partir de la dissémination du stock au sol des organes des diverses espèces protégées. L'analyse des stades phénologiques de ces espèces ligneuses est effectuée à partir de relevés réalisés tous les 15 jours du début de la saison sèche à la fin de l'hivernage. Les résultats indiquent que leurs recrûs verts, à partir des fruits disséminés ou des racines, permettent la reconquête ligneuse des milieux

abandonnés à la jachère.

---

**Mots clés:** Phénologie, Espèces Préservées, Milieux Modifiés, Savane, Nord-Est Côte d'Ivoire

## **Impact of The Phenology of Plant Species Preserved in Savannah on The Evolution of Environments Modified by Human Activity in The North-Eastern of Côte d'Ivoire. The Example of The Sudanese Savannahs of The Bouna Region**

*Kambiré Sambiré*, Maître-assistant  
Université Peleforo Gon Coulibaly  
Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

The sudanese savannahs are characterized by useful protected species of trees, organized in orchards or parks. This woody stand involves remarkable modifications of the physiognomy of the different facies of the vegetation by appearance and fall of their leaves, flowers and fruits. We can therefore wonder about the role of these phenological modifications in restoring the environments modified by humans. This study aims to show the process of regeneration of environments transformed by humans from the phenological cycles of the ligneous species spared by clearing. It contributes to improving the capacity of rural communities to plan and sustainably manage environmental resources in the sudanese savannahs. It is based on postulate of a restoration of facies of transmormed plant environments from dissemination of the stock on soil of the organs of the various protected species. The phenological stages of these woody species are analyzed on the basis of surveys carried out every two weeks from the start of the dry season to the end of the rainy season. The results show that their green regrowth, from scattered fruits or roots, allow the woody reconquest of environments abandoned to fallow.

---

**Keywords:** Phenology, Woody Species Preserved, Destroyed Environments, Savannah, North-Eastern Côte d'Ivoire

### **Introduction**

En Afrique de l'Ouest, pour répondre aux préoccupations de conservation des milieux, des études ont été entreprises visant tous les aspects qui pourront aider à développer une approche plus coordonnée de gestion basée sur les principes de la gestion intégrée des ressources naturelles aux

niveaux national et régional et, en tenant compte de la participation de tous les acteurs clés.

Plusieurs travaux ont été conduits sur la phénologie des espèces ligneuses dans la région phytogéographique soudanaise. Devineau Jean Louis (1999), à la suite de Breman Hendrick et al. (1995), a montré une synchronisation entre les modèles phénologiques et le rythme des saisons. Fournier Anne (1991, pp. 86 à 95) indique que la variabilité des phénophases entre les individus correspond à une aptitude propre à chaque espèce dans la conquête du milieu. Des résultats semblables ont été déjà obtenus sur des savanes au Venezuela par Monasterio Maximina et al. (1976, pp. 325-356). Il manque à ces études la dimension des dynamiques naturelles, très marquée dans les savanes soudaniennes d'Afrique de l'Ouest, à partir des manifestations phénologiques des espèces. Cette étude entend alors faire connaître le rôle du déroulement phénologique des espèces ligneuses épargnées dans la régénération des milieux transformés à l'échelle de la région de Bouna. Dans ce milieu de savane soudanaise, un grand nombre de végétaux spontanés se retrouvant dans les écosystèmes sont préservés parce qu'ils sont affectés à des usages humains. Des organes de certaines espèces, sont récoltés et consommés frais ou secs ou encore sont utilisés de diverses manières. *Butyro-spermum paradoxum parkii* ou *Vitellaria paradoxa* (le karité), *Parkia biglobosa* (le néré), *Adansonia digitata* (le baobab), *Lannea microcarpa* (le Raisinier), etc. sont parmi les principales espèces des parcs agroforestiers fournissant des fruits et des graines très utilisés. Leurs produits font l'objet de commerce dans les marchés des villages et des villes des savanes soudaniennes. « C'est le cas par exemple du beurre de karité qui est un produit industriel très recherché » (UNEP-GEF Volta Project, 2011, p. 47). Les feuilles de *Adansonia digitata* (*Bombacaceae*) de même que les graines de *Parkia biglobosa* sont très appréciées en sauce. Ces espèces, qui purifient aussi l'air, fournissent des abris et des médicaments ; l'espace dans lequel elles se trouvent joue un rôle important en tant que lieu de détente et de cérémonies (fête de réjouissance, rites religieux, funérailles, etc.) pour les communautés rurales sans compter leur valeur religieuse.

Des observations courantes du paysage montrent des modifications remarquables de la physionomie des divers faciès de végétation dans les milieux modifiés par l'activité anthropique à travers l'apparition et la chute des feuilles, fleurs et fruits de ces arbres et arbustes préservés.

Deux questions se posent alors devant cette transformation de la physionomie des milieux. Quels mécanismes permettent aux plantes d'opérer de tels changements à un niveau de faciès ? Comment la structure spécifique des communautés s'ajuste-t-elle pour parvenir à ces transformations ?

L'étude part du postulat d'une restauration des faciès des milieux végétaux modifiés à partir de la dissémination du stock au sol des organes des diverses espèces protégées.

La portée de ce travail est de contribuer, à terme, à améliorer la capacité des communautés rurales à planifier et à gérer durablement les ressources environnementales en milieux de savanes soudaniennes. Il s'attache à préciser les principaux stades phénologiques de quelques espèces utiles des savanes dans une vaste région : la région de Bouna, dans le Nord-Est ivoirien, à travers les pays ruraux de Nyamoin et d'Assoum. Il cherche, ensuite, à mettre en évidence, à l'aide de données de terrain aussi précises et nombreuses que possible, l'influence des modifications phénologiques, d'une année à l'autre, sur la physionomie de la végétation dans les milieux transformés par l'homme.

## **1. Données et méthodes**

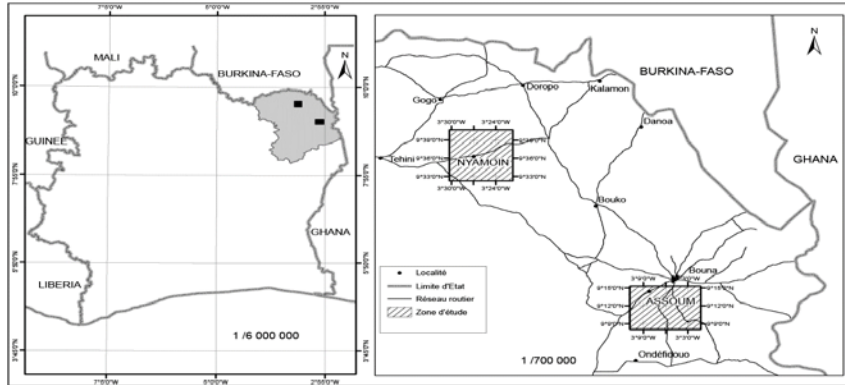
### **1.1. Cadre géographique de la recherche**

Les investigations se sont menées dans les savanes soudaniennes de la région de Bouna située entre 8° 50' et 10° N et entre 2° 50' et 4° W. Mais plutôt que l'ensemble de la région, des espaces-témoins, au sein de ce vaste ensemble, ont été étudiés à fond compte tenu de leur représentativité des conditions du milieu physique régional. Les choix tiennent compte de deux critères. Le premier critère s'appuie sur les conditions du substrat qui peuvent relayer les données climatiques et influencer la phénologie des espèces étudiées : la région se présente comme « un gigantesque clavier en touches de piano où alternent régulièrement de larges blocs cristallins (granites, gneiss, migmatites) et de minces bandes phylliteuses (schistes passant localement aux flysch et roches vertes, accessoirement migmatites et granites post-tectoniques) » (Avenard Jean Michel, 1971, p. 29). Le deuxième critère est la facilité d'accès aux sites d'étude pour le recueil des données. En recoupant ces critères, le choix s'est porté sur deux secteurs, celui de Nyamoin et celui d'Assoum (figure 1).

Le pays rural d'Assoum est compris entre 9° 8' et 9°15' de latitude nord et entre 2° 56' et 3° 6' de longitude ouest. C'est un pays de socle appartenant à la *semi-plateforme* ouest- africaine. Semi-rigide (ce qui peut expliquer l'existence des corps filoniens de dolérite), elle est nettement métamorphique (pyroxénites, amphibolites, quartzites ferrugineuses du Simandien qui subsistent en petits lambeaux à cause de la granitisation) et très ferrifère (quartzites à magnétites et itabirites). Le paysage est une association de plateaux et glacis couverts de sols ferrugineux lessivés sur matériau ferrallitique (Dabin Bernard et al., 1960, p. 36).

Le pays rural de Nyamoin est situé plus au nord-ouest de Bouna entre 9° 32' et 9° 40' de latitude nord et entre 3° et 3° 31' de longitude ouest.





**Réalisation Kambire S.**

**Figure 1.** Région de Bouna et localisation des espaces de l'étude

Le substrat géologique est caractérisé par une structure rectiligne, linéaire qui constitue de grandes bandes (250 à 300 km de long sur 30 à 50 km de large) de direction générale N-NE/S-SW. Elles constituent le géosynclinal éburnéen qui se différencie de la semi-plateforme par sa « mobilité ». Par contre-coup ces séries phylliteuses s'alignent préférentiellement sur les cours d'eau ; l'essentiel du matériel est constitué d'un complexe de schistes sériciteux ou chloriteux redressés à la verticale et finement interstratifiés avec des grauwackes ; il est interprété comme un flysch (Avenard Jean Michel, 1971, p. 28). Le paysage est une association de plateaux faiblement cuirassés et/ou partiellement démantelés, de glacis et plateaux fortement cuirassés, de 200 à 300 m d'altitude, revêtus de sols ferrallitiques moyennement désaturés. Associés au flysch et assez systématiquement disposés en bordure, des affleurements de roches vertes s'étirent conformément au canevas structural des bandes géosynclinales. « Ce sont, à des degrés divers, des roches volcaniques basiques ou neutres ultérieurement métamorphosées » (Rougerie Gabriel, 1967, p. 66). Elles provoquent l'exhaussement de quelques reliefs plus importants qui semblent jaillir des plateaux schisteux et être sans liens apparents avec eux : vrais massifs aux formes hardies, formes linéaires de chaînes et chaînons collinéens, barres rocheuses ou lignes de crête recouverts de sols bruns eutrophes tropicaux qui s'ouvrent sur des sols ferrallitiques moyennement désaturés sur de lourdes croupes plus molles. Des failles ayant entraîné le jeu de compartiments sont sans doute à la base de cette disposition « l'érosion ayant dégagé le tréfonds dans les zones soulevées et respecté la superstructure ailleurs » (Rougerie Gabriel, 1967, op. cit., p. 69).

Les deux pays ruraux ainsi décrits correspondent aux nuances des conditions physiques d'ensemble qu'on puisse associer à la région de Bouna. Ils permettent aussi de comprendre les nuances dans le fonctionnement des systèmes que l'on observe.



## 1.2. Données de L'étude : Collecte, Traitement et Analyses

La phénologie est entendue comme l'étude des variations des événements biologiques et physiologiques répétitifs visibles à l'œil nu et des causes biotiques et abiotiques de leur synchronisation (Ali Mahamane et al., 2007, p. 2). Les résultats présentés ici reposent sur des données recueillies de manière systématique dans trois faciès visités tous les 15 jours dans chacun des deux pays ruraux étudiés. Ces faciès suivis correspondent à des savanes de jachère à *Butyro-spermum parkii* (*Vitellaria paradoxa*), *Parkia biglobosa* et *Daniellia oliveri* d'au moins six ans de durée.

Des placeaux d'observation sont localisés dans un petit nombre de sites mais suffisant pour décrire les cycles phénologiques chez les espèces épargnées étudiées dans chacun des trois faciès de savane à l'étude. On évite toute répartition des sites d'observation selon un plan de sondage de type probabiliste. Il s'agit de disposer dans chacune des zones-test, un nombre limité mais suffisant de placeaux d'observations qui seront fonction des conditions structurales. Le petit nombre de sites pouvant être traités correspond aux paysages qui acquièrent toute leur cohérence par leur articulation dans une prise en compte globale du milieu et les mieux à même de rendre compte des diverses situations des biotopes dans les zones-test. Trop de redondance est, alors, à la fois perte de temps et gaspillage de moyens. Ces sites sont repérés et sélectionnés après des prospections préalables sur le terrain grâce aux réseaux de sentiers paysans. A Nyamoin, il s'agit des paysages de plateau sur schistes, de croupe en roches schisteuses et de colline en roches vertes. A Assoum, ces sites correspondent à des paysages de plateau granitique, de croupe en roches schisteuses et de collines surbaissées en roches leucocrates. Dans chaque type des paysages précédents, à Nyamoin comme à Assoum, trois modelés différents reçoivent, chacun, un plateau de deux km<sup>2</sup> abritant des jachères d'inégale durée : un premier modelé portait, déjà en 2016, une jachère de six ans ; un second, une jachère de 10 ans et un troisième modelé, une jachère de plus de 15 ans. Au total, dix-huit sites, soit 36 km<sup>2</sup>, ont été parcourus, chaque quinzaine de jours en quatre ans complets, du 03 mars 2016 au 19 mars 2020, suffisants pour bien cerner les cycles phénologiques chez les espèces *Butyro-spermum parkii*, *Parkia biglobosa* et *Daniellia oliveri* dans le Nord-Est ivoirien, notamment la région de Bouna.

Sept stades phénologiques sont retenus : l'apparition des premières jeunes feuilles, celle des premières feuilles adultes, la floraison, la fructification, la présence de fruits secs, celle de feuilles sèches et la défeuillaison. Les travaux qui concernent un plus petit nombre d'espèces associées indistinctement aux faciès ci-dessus énumérés, *Lannea microcarpa*, *Adansonia digitata* et *Azadirachta indica*, ont également été pris en compte pour l'élaboration des tableaux phénologiques. Le choix des essences se justifie par leur importance dans le peuplement et la reconquête ligneuse des

milieux modifiés par l'activité anthropique d'une part, et leur rôle présupposé dans l'alimentation de la faune sauvage (agent de dissémination) d'autre part. Un total de 978 arbres et arbustes appartenant aux trois espèces, *Butyrospermum parkii*, *Parkia biglobosa* et *Daniellia oliveri*, dans les trois faciès de végétations et 91 végétaux ligneux de trois espèces en petit nombre de fois, *Lannea microcarpa*, *Adansonia digitata* et *Azadirachta indica*, dans ces faciès ont été étudiés.

La description qualitative du cycle phénologique chez les six espèces retenues est précédée d'une étude quantitative centrée sur le spectre étalon des végétaux, le spectre biologique et la densité des espèces qui constituent l'essentiel de chaque faciès en 2016 et 2020.

Il est très difficile, à travers les divers documents consultés, d'avoir une idée claire du nombre d'espèces végétales dans la région de Bouna. Une étude de la composition de la flore phanérogame s'impose. Deux techniques complémentaires d'inventaire floristique ont été utilisées. Il s'agit du relevé de surface et du relevé de transect (itinérant). Les sites d'inventaire, les plus pertinents, ont été choisis dans des portions de terres qui ont été préservées sous formes d'aires qui concentrent la diversité biologique spontanée, parce qu'elles sont plus ou moins soustraites aux pressions anthropiques, sources de dégradation des écosystèmes et d'érosion de la diversité floristique. On reconnaît certes que si les biotopes dégradés constituent bien un extrême dans une séquence de détérioration, il en est également de même pour les situations de protection qui, malgré tout, sont un artefact dans la nature. Cependant, dans les situations perturbées à la suite d'une surexploitation agricole du milieu, les transformations conduisent, dans bien de cas, à la disparition d'espèces diverses. Au contraire, si une zone est protégée (soustraite aux activités anthropiques) depuis longtemps, ces menaces n'ont pas lieu. Certaines zones d'inventaire de la flore se retrouvent alors, dans les parties du Parc National de la Comoé à proximité et sous influence directe des conditions physiques qui prévalent dans chacun des deux pays ruraux ainsi que dans la forêt classée du Kolodio près du finage d'Assoum. Au sein-même des zones-test, les autres zones d'étude correspondent aux aires sacrées et milieux répressifs, donc peu modifiés, sur substrats spéciaux : cuirasses et rochers découverts.

Le relevé de surface a consisté à délimiter des parcelles de 100 m x 100 m réparties sur des sites correspondants aux trois principaux types de substrats : roches granitiques et phylliteuses (dont les schistes et les roches vertes), soit 300 ha. Ces placettes concernent les sites choisis dans le parc de la Comoé et dans la forêt classée du Kolodio très vastes pour être étudiés dans leur ensemble. En revanche, au sein-même des deux pays ruraux, la totalité des surfaces préservées, relevant de l'aire de couverture des zones sacrées ou des végétations sur substrat répressif, est prise en compte, soit 37 parcelles de

108 ha au total à Nyamoin en province birrimienne et 19 parcelles de 69 ha à Assoum en pays granitique.

A l'intérieur de toutes ces surfaces ainsi considérées, toutes les espèces de plantes rencontrées ont été recensées. Des relevés itinérants ont été effectués par la suite sur des transects, des pistes et dans certains endroits très difficiles d'accès, autour des placettes et à l'intérieur des milieux environnants. Les espèces observées, à partir de ces deux méthodes d'inventaire, ont été notées. Des échantillons d'espèces non encore signalées dans la flore locale ont été récoltés et transmis au Centre National de Floristique, à l'Université de Cocody-Abidjan, pour compléter de la liste floristique de l'ensemble de la région de Bouna. Le spectre biologique des espèces épargnées et les densités de peuplement de l'ensemble des individus ligneux ont été évalués.

Les données réunies à Nyamoin sur substrat phylliteux et à Assoum sur granite, concernant le spectre biologique, les densités des ligneux et les phases phénologiques des espèces préservées, sont ensuite présentées à titre de comparaison.

Bien que les végétaux herbacés ne soient pas le sujet principal de ce travail, ils ont été inclus dans cette étude car leur présence influe sur la strate ligneuse. Les graminées dominent largement la strate herbacée des savanes, en nombre d'individus comme en masse végétale. Les autres familles sont généralement représentées par peu d'espèces et peu d'individus. Cette importance des herbacées graminéennes, tant en nombre d'espèces qu'en nombre d'individus, influence la nature et le fonctionnement de la strate ligneuse. Ouédraogo Pierre Maxime (1985), cité par Fournier Anne (1991, p. 85), a d'ailleurs montré qu'il existe un lien entre le recouvrement et la composition floristique de la strate ligneuse d'une part, la phytomasse et la composition floristique de la strate herbacée d'autre part. Pour décrire les cycles phénologiques assez divers qui se rencontrent chez les végétaux herbacés de savane, les stades de la montaison, de la floraison et de la fructification sont utilisés, avec en plus, la catégorie "germination" pour les annuelles.

Il n'existe que peu de relevés climatiques pour la région de Bouna elle-même où aucune station météorologique ne fonctionne de manière régulière. Des postes de la Société de Développement et d'Exploitation Aéronautique, Aéroportuaire et Météorologique (SODEXAM) existent en revanche depuis plusieurs années à Ferkessédougou (à 160 km à l'ouest de Ouango-Fitini). Mais, ceux-ci n'exploitent que uniquement la pluviosité. Les données sur l'hygrométrie des sols les plus récentes utilisées dans cette étude sont alors celles fournies par Lamotte Maxime (1982).

## 2. Résultats

### 2.1. Structure de la végétation

#### 2.1.1. Lien du spectre biologique avec le substrat

Les bandes phylliteuses constituent 31 % du substrat régional (figure 2). Le soubassement cristallin est donc largement dominant.

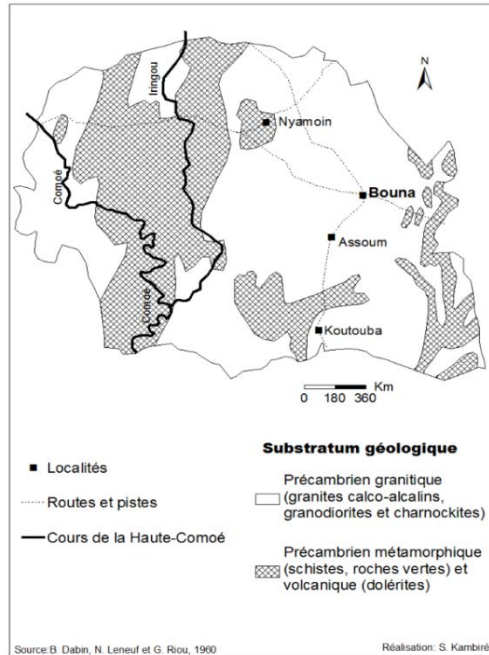


Figure 2. Carte géologique de la région de Bouna

Le spectre étalon est envisagé à l'échelle globale. C'est l'ensemble de la flore phanérogamique dont environ 917 espèces dans les placettes et transects étudiés. Le spectre biologique fournit l'importance relative des types biologiques dans la flore d'un territoire ou au sein d'une communauté végétale; il en reflète la physionomie et la structure.

Dans le tableau 1, on remarque de profondes variations spatiales du spectre étalon et du spectre biologique des espèces épargnées avec une importance relative de la composition de la flore phanérogamique et du spectre biologique sur substrat phylliteux par rapport au substrat granitique. De même, si le spectre étalon et le spectre biologique des espèces épargnées connaissent, dans les jachères étudiées, une forte expansion dans le temps (taux de progression global supérieur à 30 % entre 2016 et 2020), c'est sur substrat phylliteux que l'évolution est la plus remarquable. Il est aussi noté que chez les autres espèces, traditionnellement non épargnées par les défrichements, les pourcentages du spectre biologiques par rapport au spectre étalon accusent une chute drastique entre 2016 et 2020, signe d'une reconquête, par les espèces ligneuses préservées, de l'espace et la restauration des faciès naturels dans les

milieux perturbés par l'activité anthropique. Ces transformations des milieux vers une physionomie plus forte se réalisent avec plus de vigueur en provinces phylliteuses que sur substrat granitique.

**Tableau 1.** Spectre biologique de quelques espèces épargnées selon les différents substrats géologiques (en % du spectre étalon) en 2016 et 2020

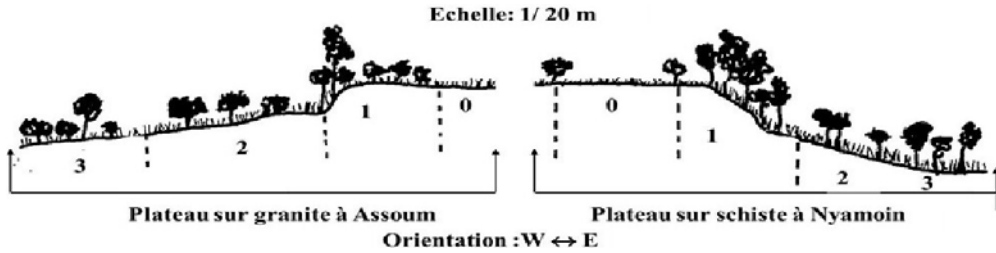
Spectre étalon ou biologique	<i>Adansonia digitata</i>		<i>Azadirachta indica</i>		<i>Butyro-s. parkii</i>		<i>Daniellia oliveri</i>		<i>Lamea microcarpa</i>		<i>Parkia biglobosa</i>		Autres			
	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020		
Spectre étalon	1	3	1	2	8	21	5	12	1	4	5	17	79	41		
Spectre biologique sur substrat	phylliteux		3	4	4	6	20	29	15	20	5	9	11	17	42	15
	granitique		1	3	1	4	6	23	3	15	1	5	5	11	83	39
Autres = reste de la flore phanérogamique																

### 2.1.2. Densité ligneuse et substrat

En l'absence de défrichement ultérieur ou d'une forte perturbation anthropique, la végétation des savanes de jachère s'ordonne dans les paysages selon la topographie et le substrat. La répartition des divers types physiologiques suit ainsi, en général, de près la topographie. Mais le substrat est plus déterminant. La figure 3 donne un exemple de répartition de la végétation le long de deux toposéquences en milieu de jachère dans le Nord-Est ivoirien.

Les savanes herbues se rencontrent généralement sur les sols minces des plateaux cuirassés, les savanes arborées, savanes boisées, forêts claires sur les sols alternativement secs et humides de versant et les forêts galeries, en reconstitution, sur les sols alternativement secs et engorgés d'eau des bas de pente ainsi que dans les bas-fonds argileux. La densité des ligneux augmente sur les sols plus profonds et mieux drainés. Les tableaux 2-a, 2-b et 2-c contiennent dans le détail les ordres de grandeur obtenus dans les surfaces expérimentales établies dans les faciès de savane à *Butyro-spernum paradoxum parkii*, à *Daniellia oliveri* et à *Parkia biglobosa* respectivement sur substrat phylliteux à Nyamoin et sur soubassement cristallin à Assoum. Ils soulignent le rôle éminent du substrat géologique dans la répartition des espèces ligneuses protégées et des individus. La densité moyenne des ligneux principaux des divers faciès, en considérant uniquement les plantes de plus de 20 cm de circonférence, est plus forte en province phylliteuse à Nyamoin que sur granites à Assoum.

**Figure 3.** Exemple de répartition de la végétation des milieux modifiés en fonction du substrat et de la topographie



**0.** Savane herbeuse/arbustive de sommet cuirassé à *Lophira lanceolata*, *Bauhinia thonningii*, *Detarium microcarpum*..., *Loudetia togoensis*, *L. simplex*, *Hyperthelia dissoluta*, etc. et de bordure de cuirasse parfois arborée. **1.** Savane boisée ou forêt claire sur rebord de cuirasse de corniche et de haut de versant à *Isobertinia doka*, *Parkia biglobosa*, *Butyro-spermum paradoxum parkii*..., *Schizachyrium sanguineum*, *Andropogon schirensis*, *Andropogon tectorium*, etc. **2.** Savane arborée de moyen versant à *Parkia biglobosa*, *Hyparrhénia smithiana*, *Andropogon ascinodis* et *Panicum phragmitoïdes*. **3.** Savane arborée ou boisée de bas de versant à *Daniellia oliveri*, *Andropogon canaliculatus*, *A. ascinodis* et *A. schirensis*.

**Tableau 2.** Densités et répartition des espèces par faciès en 2016 et 2020

**Tableau 2-a.** Densité moyenne (en ha) des espèces par substrats géologiques dans la savane à *Butyro-spermum paradoxum parkii*

Esp./année Substrat	<i>Adansonia digitata</i>		<i>Azadirachta indica</i>		<i>Butyro-s. parkii</i>		<i>Daniellia oliveri</i>		<i>Lannea microcarpa</i>		<i>Parkia biglobosa</i>		Autres	
	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020
Schiste	9	17	14	23	107	144	22	29	21	39	45	69	8	13
Granite	6	11	9	16	69	99	17	23	18	27	37	42	4	7

**Tableau 2-b.** Densité moyenne (en ha) des espèces par substrats géologiques dans la savane à *Daniellia oliveri*

Esp./année Substrat	<i>Adansonia digitata</i>		<i>Azadirachta indica</i>		<i>Butyro-s. parkii</i>		<i>Daniellia oliveri</i>		<i>Lannea microcarpa</i>		<i>Parkia biglobosa</i>		Autres	
	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020
Schiste	7	11	21	27	38	45	71	90	19	24	23	29	7	10
Granite	5	7	13	18	21	26	44	54	12	14	22	26	4	6

**Tableau 2-c.** Densité moyenne (en ha) des espèces par substrats géologiques dans la savane à *Parkia biglobosa*

Esp./année Substrat	<i>Adansonia digitata</i>		<i>Azadirachta indica</i>		<i>Butyro-s. parkii</i>		<i>Daniellia oliveri</i>		<i>Lannea microcarpa</i>		<i>Parkia biglobosa</i>		Autres	
	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020	2016	2020
Schiste	10	15	19	27	41	51	33	39	27	34	89	118	10	12
Granite	6	13	16	21	27	33	28	35	20	26	58	81	4	7

Ces tableaux indiquent également, à travers l'augmentation des densités de peuplement ligneux, la reconquête des milieux modifiés par les



espèces préservées dominantes et co-dominantes, notamment *Butyro-spermum paradoxum parkii*, *Daniellia oliveri* et *Parkia biglobosa*.

## 2.2. Déroulement du cycle phénologique chez les plantes de savane du Nord-Est ivoirien

### 2.2.1. Cycle phénologique des principales graminées

Au cours des incendies de savane, qui surviennent généralement entre décembre et février dans la région de Bouna, la matière vivante est presque totalement détruite au-dessus du sol. Il reste seulement quelques îlots de matière morte, plus ou moins calcinée, et des cendres qui seront enfouies comme fertilisants du sol ou engrais utilisés par les plantes ligneuses ou éliminés par le retour des pluies.

La repousse des graminées peut être précoce, la croissance et la floraison plus ou moins importante selon les années et le substrat (figure 4 et 5).

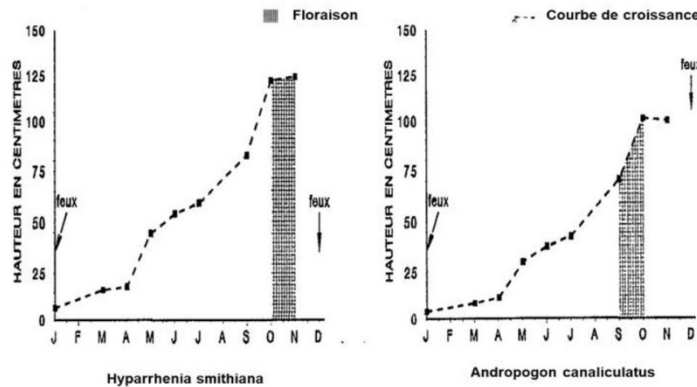


Figure 4. Croissance en hauteur de quelques Graminées sur substrat birrimien

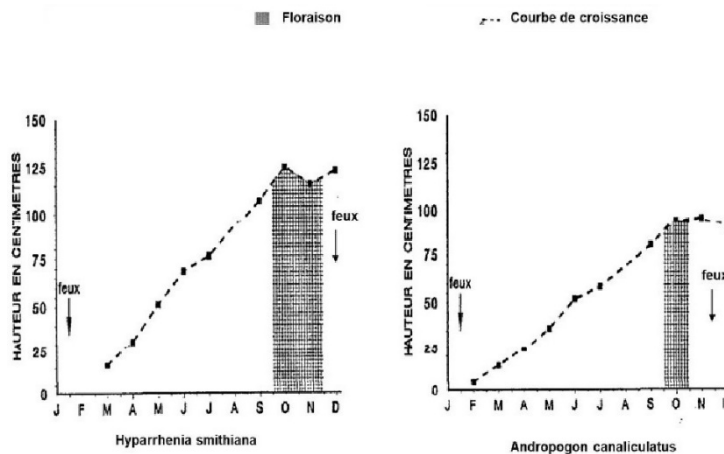


Figure 5. Croissance en hauteur de quelques Graminées sur granites

La repousse peut débuter très vite après le passage du feu qui se réalise vers fin décembre, comme en témoigne les exemples des espèces de graminées *Hyparrhénia smithiana* et *Andropogon canaliculatus*. Si deux semaines après le feu, il n’y avait encore aucune repousse de ces graminées dans les faciès de savane arborée étudiés sur substrat birrimien, 40 % de leurs touffes présentaient en revanche déjà quelques jeunes feuilles au bout d’une quinzaine de jours, soit dès début janvier. Toutefois, les jeunes feuilles ainsi précocement apparues peuvent mourir avant le retour de la saison des pluies. La faible biomasse verte observée en janvier peut alors totalement disparaître en février et mars.

La repousse est quelque fois tardive comme c’est le cas de ces deux espèces sur sol de granite, qui n’ont présenté aucune jeune feuille jusqu’en février voire en mars, alors que ces graminées étaient déjà plus ou moins bien vertes depuis janvier sur schiste, le feu étant pourtant passé partout dès décembre. Ce décalage entre repousses sur les deux différents substrats s’explique surtout par les caractéristiques édaphiques, point qui sera détaillé plus tard (voir partie discussion).

La première phase d’évolution des graminées pendant leur cycle annuel est une croissance végétative qui dure environ huit mois sur roches phylliteuses de janvier jusqu’en juillet-août. Ensuite débute la phase de sexualisation, les nouveaux entre-nœuds formés à cette époque sont longs et portent des feuilles de morphologie différente des précédentes. Ce stade phénologique, désigné par le terme de “montaison” en agrostologie, est particulièrement nette chez *Schizachyrium sanguineum* et *Loudettia simplex*. La floraison des graminées marque la fin de l’allongement de leurs axes. Elle débute en août-septembre pour les quelques espèces étudiées. Certaines graminées particulièrement précoces telles que *Ctenium newtonii*, *Brachiaria jubata* et *Loudettia simplex* fleurissent et fructifient cependant un peu plus tôt, en août et les semences sont toutes tombées des épis en novembre. Les tableaux 3 et 4 présentent les stades phénologiques observés (sauf le stade des repousses très variable suivant les années) pour les principales espèces herbacées des faciès arborés étudiés.

S’il est noté une précocité relative des cycles phénologiques à Nyamoin sur substrat phylliteux par rapport à Assoum sur granite, il est remarqué, en revanche sur le terrain, que toutes les espèces, dans les deux domaines de roches perdent entièrement leurs semences en novembre.

**Tableau 3.** Phénologie des principales graminées à Assoum sur granite

Espèces	Stades phénologiques											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Andropogon ascinodis</i>								MMM	MMM	**F		
<i>Andropogon canaculatus</i>								MMM	MM*	*F*		
<i>Andropogon gayanus</i>										***		
<i>Andropogon schirensis</i>								MMM	MM*	***		



<i>Andropogon tectorum</i>									M**	***		
<i>Brahiaria jubada</i>				***	**F	*F*						
<i>Ctenium newtonii</i>							***	**F	*F*			
<i>Hyparrhenia dissoluta</i>								**	***			
<i>Hyparrhenia smithiana</i>								MM*	***			
<i>Hyparrhenia subplumosa</i>									***			
<i>Loudetia simplex</i>				***								
<i>Panicum phragmitoides</i>									***			
<i>Schizachyrium sanguineum</i>								MMM	M**	*FF		

M : stade de la montaison F : fructification \* : floraison  
 NB. Le code M, F ou \* noté 2 fois, dans le tableau, signifie l'augmentation de l'intensité du phénomène dans le temps. Noté 3 fois, le code indique la période de l'intensité maximale du phénomène qu'il représente.

**Tableau 4.** Phénologie des principales graminées à Nyamoin sur roches métamorphiques

Espèces	Stades phénologiques											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Andropogon ascindis</i>							M	MMM	M**	FFF		
<i>Andropogon canaculatus</i>							M	MMM	M*F	*FF		
<i>Andropogon gayanus</i>									***	*FF		
<i>Andropogon schirensis</i>							MMM	MM*	M**	***		
<i>Andropogon tectorum</i>								M**	***			
<i>Brahiaria jubada</i>				*	***F	**F	FFF					
<i>Ctenium newtonii</i>							***	**F	*F*	*FF		
<i>Hyparrhenia dissoluta</i>								**	***	*		
<i>Hyparrhenia smithiana</i>								MMM	MM*	***		
<i>Hyparrhenia subplumosa</i>								*	***	*		
<i>Loudetia simplex</i>				*	***							
<i>Panicum phragmitoides</i>								*	***			
<i>Schizachyrium sanguineum</i>							MMM	MM**	M*	*FF		

M : stade de la montaison F : fructification \* : floraison  
 NB. Le code M, F ou \* noté 2 fois, dans le tableau, signifie l'augmentation de l'intensité du phénomène dans le temps. Noté 3 fois, le code indique la période de l'intensité maximale du phénomène qu'il représente.

### 2.2.2. Cycle phénologique des principaux arbres et arbustes préservés de savane au Nord-Est Ivoirien

A Nyamoin sur roches phylliteuses birrimiennes, c'est entre janvier et mai selon les espèces, qu'apparaissent les premières jeunes feuilles et entre avril et août qu'elles parviennent au stade adulte. Les feuilles commencent généralement à sécher et à tomber en décembre. Le passage du feu, entre janvier et février selon les années, provoque une chute en masse mais la défeuillaison se produit progressivement jusqu'à mars en son absence. Les ligneux restent ensuite defeuillés au moins jusqu'en avril. La plupart des individus de l'espèce *Butyro-spermum parkii* et tous ceux de l'espèce *Azadirachta indica* restent sempervirents toute l'année (tableau 5). Les feuilles ne tombent que lorsqu'elles sont en phase de nécrose et sont remplacées toutes les saisons par des jeunes feuilles au fur et à mesure de leur chute.

**Tableau 5.** Phénologie des principaux ligneux utiles des savanes de Nyamoin

Espèces étudiées	Stades phénologiques											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Adansonia digitata</i>	DDs	Dssf*	Df*	D*f	AA	AAA	F	FFF	FFF			DD
<i>Azadirachta indica</i>	ff	f**	*FF	FFF								Sss
<i>Butyro-s. parkii</i>	sss		*f	ff*	**A	FAA	FFF					s
<i>Daniellia oliveri</i>	DDD	DD*f	Dff*	ffA	Aff	A**	*F	FFF				SSS
<i>Lannea microcarpa</i>	SDD	fff										SSS
<i>Parkia biglobosa</i>	Sss	sDD	DDD	Df	ff*	**A	AA	AAA				S

f : émergence des premières jeunes feuilles ; A : apparition des premières feuilles adultes ; \* : floraison ; F : fructification ; s : fruits secs et leur chute ; S : premières feuilles sèches ; D : défeuillage  
NB. Le code f, A,\*, F ; s, S ou D, noté 2 fois, dans le tableau, signifie l'augmentation de l'intensité du phénomène dans le temps. Noté 3 fois, le code indique la période de l'intensité maximale du phénomène qu'il représente.

Le même cycle phénologique s'observe à Assoum sur substrat granitique. Mais, tout comme chez les graminées, avec environ un mois de retard sur le début du cycle des espèces sur substrat birrimien (tableau 6). Hormis chez *Daniellia oliveri* et quelques individus de certaines espèces non étudiées, notamment sur roches phylliteuses, aucune feuille n'a atteint le stade de la maturité en mai. C'est en fin de saison sèche que la plupart des ligneux reprennent leur croissance.

**Tableau 6.** Phénologie des principaux ligneux utiles des savanes d'Assoum

Espèces étudiées	Stades phénologiques											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Adansonia digitata.</i>	DDs	Dss	DD*	Df*	**f	AA	AAA	F	FFF		SD	Ds
<i>Azadirachta indica</i>	Sss	f*	f*F	FFF								Ss
<i>Butyro-s. parkii</i>				f	f*	**A	FAA	FFF			s	sss
<i>Daniellia oliveri</i>	DDD	DDD	Df*	ff*	ffA	AA	A**	*F	FFF		SSS	SSD
<i>Lannea microcarpa</i>	DDD			fff							SSS	SDD
<i>Parkia biglobosa</i>	sDD	DDD			f	ff*	*AA	AA	AAA		S	Sss

f : émergence des premières jeunes feuilles ; A : apparition des premières feuilles adultes ; \* : floraison ; F : fructification ; s : fruits secs et leur chute ; S : premières feuilles sèches ; D : défeuillage  
NB. Le code f, A,\*, F ; s, S ou D, noté 2 fois, dans le tableau, signifie l'augmentation de l'intensité du phénomène dans le temps. Noté 3 fois, le code indique la période de l'intensité maximale du phénomène qu'il représente.

Plusieurs types de floraison peuvent être distingués chez les arbres et arbustes. Les espèces à floraison précoce produisent leurs fleurs en même temps que leurs jeunes feuilles ou très peu de temps après, donc en fin de saison sèche. Dans quelques cas (*Butyro-spermum parkii*, *Adansonia digitata*) les fleurs apparaissent même avant les feuilles. D'autres espèces, plus tardives, fleurissent et fructifient au contraire pendant l'hivernage ou même en fin de saison humide. Certaines espèces (comme *Azadirachta indica*) enfin, ont une période de reproduction bien plus étalée et des individus en fleurs et en fruits

se rencontrent pendant presque toute l'année. Les mesures et observations personnelles montrent que le phénomène est identique dans ses grandes lignes pour les deux sites étudiés.

### 3. Discussion

#### 3.1. Le substrat, facteur de variation spatio-temporelle des événements biologiques, physiologiques chez les espèces et de la physionomie des groupements végétaux

La carte géologique de la région de Bouna a montré que les zones-test de Nyamoin et Assoum représentent toutes les nuances observées dans les conditions structurales au sein de cette région en milieu de savane soudanienne du Nord-Est de la Côte d'Ivoire. La littérature le montre tout aussi dans le domaine du bioclimat. Ces nuances dans les conditions naturelles se traduisent par les variations, dans le temps et dans l'espace, des événements biologiques et physiologiques des espèces étudiées - *Butyro-spermum paradoxum parkii*, *Parkia biglobosa*, *Daniellia oliveri*, *Adansonia digitata*, *Lannea microcarpa* et *Azadirachta indica* - ainsi que de la physionomie des divers faciès de végétation perturbée dont elles sont les espèces dominantes ou co-dominantes. Le rapprochement des résultats de cette étude avec les conditions physiques régionales est destiné à montrer le facteur déterminant dans les variations du cycle phénologique de ces espèces et de l'évolution des densités des individus qui leur sont associés dans l'espace et le temps.

D'un point de vue bioclimatique, les savanes de la région de Bouna se situent en zone soudanaise caractérisée par la faiblesse des totaux annuels de pluie. Le secteur présumé soudanais proprement dit est le moins arrosé : la moyenne des précipitations annuelles du climat tropical semi-aride (soudanien) tourne autour de 1100 millimètres. Eldin Michel (1971, p. 105) évalue les minimums hygrométriques à moins de 20 % et les maximums entre 45 et 75 %. Les conditions de ce climat sont réalisées dans la zone de Nyamoin. Ce secteur soudanais n'entame que peu le secteur subsoudanais, plus au sud, à l'extrême nord du pays suivant une ligne FéréDougou (au nord d'Odienné), Ferkessédougou, Nassian (au sud de la réserve de Bouna), Farako. Ici, les précipitations du climat tropical sub-humide (soudanien de transition) peuvent atteindre 1600 mm/an. Eldin Michel (1971, op. cit.) estime les maximums de l'humidité relative à plus de 80 % et les minimums entre 30 et 70 %. Ces conditions climatiques sont celles qui se retrouvent dans la zone d'Assoum.

Cette analyse du climat soulève un paradoxe frappant d'autant qu'il apparaît que la zone d'Assoum, qui bénéficie de conditions hygrométriques plus favorables, accuse environ un mois de retard sur le début du cycle phénologique des espèces ligneuses ou graminéennes et enregistre le niveau d'évolution le plus faible de la densité des ligneux étudiés par rapport à la zone

de Nyamoin. On sait, en effet, selon les résultats présentés ci-haut que c'est entre janvier et mai, selon les espèces, qu'apparaissent les premières jeunes feuilles, lesquelles parviennent au stade adulte entre avril et août à Nyamoin alors que ces phénophases ne se réalisent que plus tardivement à Assoum, soit environ un mois après. Il a été également noté que la repousse des graminées est quelquefois tardive comme c'est le cas chez les espèces *Hyparrhenia smithiana* et *Andropogon canaliculatus* qui n'ont présenté aucune jeune feuille jusqu'en février voire en mars à Assoum sur sols de granite alors que ces graminées étaient déjà plus ou moins bien vertes depuis janvier à Nyamoin sur sols en roches phylliteuses, le feu étant pourtant passé partout dès décembre.

Cette mise en rapport des résultats de cette étude et des conditions climatiques décrites par Eldin Michel (1971) permet de déduire que dans le Nord-Est Ivoirien, notamment la région de Bouna, la période théorique de végétation active se définit non pas absolument comme l'époque où les précipitations sont supérieures à la moitié de l'ETP (de mars-avril à octobre-novembre). Elle est peut-être due d'une part, à la variation du degré d'hygrométrie, en fin de saison sèche et de saison des pluies, et d'autre part, au régime des précipitations comme l'on écrit Mahamane Ali et al. (2007, p. 8) pour le Parc National du « W » au Niger. Mais dans la côte d'Ivoire septentrionale, le facteur le plus déterminant est le degré hygrométrique des sols. Dans cette partie du pays, Eldin Michel (1971, op. cit.) a montré que l'état de sécheresse que peut supporter une végétation est en liaison avec le déficit hydrique cumulé *efficace* (c'est-à-dire le déficit hydrique *climatique*, diminué en chaque point de la valeur de la réserve en eau utile du sol supposée intégralement reconstituée au début de la saison sèche) et non pas climatique. Or la capacité de rétention en eau des sols dépend de leur richesse en argile. Guillaumet Jean-Louis et al. (1971, p. 175) admettent, pour la Côte d'Ivoire, qu'elle est forte dans les sols issus de roches schisteuses birrimiennes ou granitiques riches en feldspath, moyenne sur granites riches en quartz et faible sur les sables du continental terminal. Les observations de Lamotte Maxime (1982, p. 55) dans différents sites du Nord-Est ivoirien atteste le déterminisme de cette eau du sol. Les variations saisonnières de l'humidité de la partie superficielle du sol (couche de 0-25 cm) ont été suivies, par lui, au cours de l'année 1980 dans deux savanes de la région de Ouango-Fitini qui se trouve dans une zone de contact entre schistes, roches vertes et granite. Les données sur un sol ferrallitique issu de schiste, comparées aux valeurs d'humidité d'un sol ferrugineux en province granitique sont présentées dans la figure 6. Ces données sont celles qui prévalent dans les deux zones-test puisque celles-ci présentent les mêmes conditions physiques naturelles que la zone de Ouango-Fitini.

Ainsi, alors que à Assoum sur les sols peu argileux de granites (en majorité calco-alcalin), le déficit hydrique entraîne un retard dans la croissance des végétaux et la réalisation des différentes phases phénologiques, à Nyamoin sur les sols plus argileux du soubassement géologique birrimien à forte rétention eau, c'est en fin de saison sèche que la plupart des ligneux utiles épargnés reprennent leur croissance à travers l'apparition des premières jeunes feuilles de l'année.

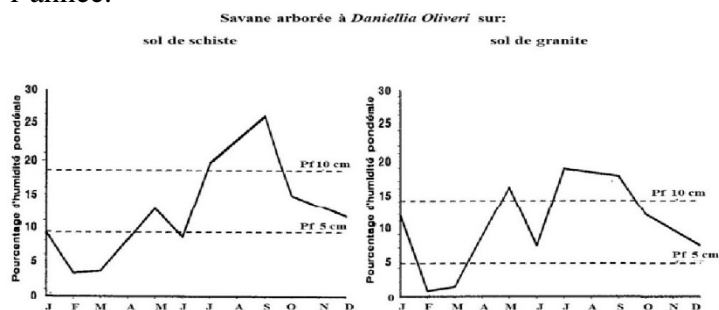


Figure 6. Variations saisonnières de l'eau du sol à Ouango-Fitini d'après Lamotte (1982)

Des observations de divers auteurs, Monasterio Maximina et al. (1976); Schnell Raymond (1970); Menaut Jean claudé (1971) et Aubreville André (1950), dans différents sites s'accordent toutes sur l'apparition des jeunes feuilles en saison sèche chez les ligneux de savane sur la même nature lithologique que les roches birrimiennes à Nyamoin. Les études de Jeffers Jenna N. Robinson et al. (1966) en Tanzanie montrent que cette production végétale se fait grâce à l'utilisation des ressources en eau des couches profondes du sol. De même, les germinations des plantes s'installent d'autant plus facilement que l'on passe du substrat birrimien au substrat granitique. La liaison entre les conditions hydriques du sol d'une part, la phytomasse et la production végétale d'autre part, est aussi d'autant plus évidente que les conditions bioclimatiques sont à peu près les mêmes dans les deux zones-test dans le Nord-Est ivoirien (Nyamoin sur bande phylliteuse et Assoum sur roches granitoïdes) et que les communautés végétales se comportent différemment dans la reconquête des milieux perturbés par l'action anthropique à travers le rythme d'évolution des densités ligneuses plus accentué à Nyamoin en province birrimienne.

Dans le contexte plus large des savanes de l'Afrique de l'Ouest, Fournier Anne (op. cit. p. 260) fait remarquer que les variations saisonnières et interannuelles de la phénologie, de la croissance, de la phytomasse et de la production végétale sont plus étroitement déterminées par les conditions édaphiques. L'auteur insiste sur le fait que « les herbes pérennes », « un peu plus indépendantes des pluies » grâce aux réserves de leurs organes souterrains et à celles qui existent parfois dans le sol, « cessent leur croissance

dès que ces réserves sont épuisées si la saison des pluies n'est pas encore engagée ».

Compte tenu de ces remarques concordantes sur la liaison entre les conditions d'humidité du sol et les événements biologiques, on choisit de n'introduire que le seul facteur édaphique, le plus pertinent, dans les variations spatio-temporelles du déroulement des cycles phénologiques, de la croissance, de la phytomasse et de la production végétale dans la savane soudannienne, en particulier celle de la région de Bouna dans le Nord-Est de la Côte d'Ivoire.

### **3.2. L'influence des phénophases des ligneux protégés sur les milieux modifiés par l'homme**

La savane de jachère est la formation herbacée la mieux représentée dans le Nord-Est ivoirien. Des variations, d'ordre floristique, physionomique, structural, phytosociologique, interviennent nécessairement si l'on progresse le long d'une toposéquence qui va des sommets aux bas-fonds. Granier Pierre et al. (1975, p. 79) évoquent à Madagascar cet ordonnancement le long d'une catena topographique qui va des Hauts-Plateaux jusqu'à la mer. Pourtant, malgré des différences d'aspect dues à des raisons écologiques diverses, la savane reste fondamentale et comparable, dans certaines de ses caractéristiques, en tous points du bioclimat soudanien. L'une de ces caractéristiques, soulevée dans cette étude, est son dynamisme actif introduisant une évolution rapide des faciès et un retour au peuplement fermé. Granier Pierre et al. (op. cit., p.79) reconnaissent aussi cette capacité à se reboiser des savanes à Madagascar après une profonde perturbation anthropique du milieu.

Le schéma évolutif est en général amorcé dans les formations dominées par les espèces utiles préservées en particulier dans les milieux modifiés par l'homme. L'époque de l'apparition des fruits secs ou mûrs et de leur chute paraît le critère intéressant pour caractériser la reproduction, la reconquête ligneuse de l'espace et la physionomie végétale. Le cycle de reproduction est en relation avec la chute des grains : les grains qui tombent amorcent, en grande partie, les étapes du retour au peuplement fermé.

### **3.3. Moteurs de dispersion et retour au peuplement fermé en milieu de savane modifié**

Les moteurs de la dispersion sont soit des facteurs internes propres aux organismes, soit des facteurs externes liés à leur environnement.

Les facteurs internes sont de deux sortes : la capacité de propagation et le potentiel évolutif. La *capacité de propagation* dépend du potentiel de reproduction, c'est-à-dire de l'aptitude à produire de nouveaux individus et leur longévité ; elle dépend aussi du mode de dissémination, c'est-à-dire de la faculté de se déplacer ou d'être dispersé à des distances plus ou moins grandes.

Certaines espèces végétales épargnées connaissent une dissémination active comme la multiplication végétative par les racines (*Butyro-spermum parkii*, *Parkia biglobosa*, etc.); d'autres sont soumises à une dissémination passive par l'intervention d'un agent de transport (toutes les espèces étudiées). Kambiré Sambi et al. (2020, p. 57) trouvent les types de dissémination passive dans l'*anémochorie* (par le vent), l'*hydrochorie* (par l'eau), la *barochorie* (par la gravité, le poids des graines), la *zoochorie* (par les animaux), l'*anthropochorie* (par l'homme, volontairement ou non). Le *potentiel évolutif* est l'aptitude des individus végétaux à s'adapter à leur environnement; cette aptitude concerne la stratégie adaptative liée à l'ensemble des caractères ou dispositifs d'ordre morphologique, physiologique, éthologique.

Les facteurs externes regroupent tous les facteurs favorables de l'environnement qui favorisent la distribution, de telle sorte qu'on fait la différence entre l'aire réelle et l'aire potentielle. Ces facteurs sont ici de plusieurs types : les conditions thermiques ou hydriques permissives ; géologiques ou édaphiques (compatibilité) et biotiques (existence de prédateurs, de phénomènes de compétition, actions humaines).

Issues de la multiplication végétative ou de la dissémination passive par l'intervention des agents externes, les plantules des espèces épargnées sont en effet fortement tributaires des pluies pour commencer leur croissance et des réserves en eau du sol pour se maintenir après avoir poussé ou germé. On l'a déjà vu, le passage du feu, entre janvier et février selon les années, déclenche une chute en masse des feuilles mais la défeuillaison se poursuivrait progressivement sur plusieurs mois en son absence. Les grains tombés par gravité ou disséminés du fait des agents externes restent ensuite ensevelis sous les feuilles sèches tombées en concomitance avec les grains secs disséminés ou un peu plus tard. On verra apparaître sous ces feuilles des petites pousses et des racines à partir des grains. Elles offrent des conditions d'humidité que viendront renforcer les pousses de graminées précoces. Mais les conditions hydriques locales sont certainement décisives. Les premières pluies, en février-mars arrivent alors sur des germes qui ont déjà installé leur premier système racinaire.

On a fait la même observation chez les bourgeons proventifs (latents non distinctement apparents) ou adventifs (développés après un stress, c'est-à-dire une coupe ou une blessure des organes de l'arbre, aux dépens des tissus de cicatrisation) sur certaines racines de *Butyro-spermum parkii*, *Parkia biglobosa*, *Adansonia digitata*, *Daniellia oliveri* et *Azadirachta indica* dont la multiplication végétative se fait aussi par les organes souterrains affleurants, parfois bien loin de la tige souterraine principale. Si le bourgeon reçoit beaucoup de sève ou d'humidité, il partira en bois, s'il en reçoit peu, il gonflera en bouton à feuilles.



Des plantules à peine feuillées et des individus en germination se rencontrent ainsi ça à là pendant le début de l'hivernage mais leur croissance est inhibée par les graminées annuelles entre mars et octobre. Dans certains faciès, la taille des touffes et la nature des espèces sont en cause : présence de hautes herbes dans les touffes, peu de lumière pour les jeunes ligneux ; pas de rhizome, la compétition pour l'alimentation en eau leur est défavorable. La proximité de grands arbres, comme *Azelia africana*, ou de grosses branches au sol, paraît en revanche favorable. Ils soustraient au sol les variations brusques de température et des conditions hydriques locales. Puis vient la saison sèche pendant laquelle les appareils superficiels des graminées jaunissent et se dessèchent. Les nouveaux individus (plantules ou germes), laissés à eux-mêmes sans aucune action qui les dégénèrent (le feu, la coupe, etc.), se lignifient, croissent progressivement en utilisant la réserve en eau du sol. En effet, en l'absence des phénomènes de compétition avec les graminées, les jeunes ligneux enregistrent l'évolution des environnements local et global par le bilan du carbone et la réponse à l'effet de serre. A leur place, s'installe une végétation ligneuse de plus en plus fermée qui évolue vers le faciès de l'espèce dominante.

Le brout des cespitueuses, au cours de la saison humide par les animaux, prolonge cette absence de compétition et renforce la croissance des jeunes ligneux. Le processus s'apparente exactement à la description de César Jean (1977, p. 90) : « on rencontre, dans les zones exploitées par le bétail, des formations tout à fait différentes ». Une seule génération domine. Il y a eu rupture de l'équilibre en faveur des jeunes ligneux et cette classe dominante progresse à mesure que la population herbacée vieillit. La compétition entre herbacées et ligneux ne joue plus : le déséquilibre provient de l'épuisement des graminées. « La cause de l'épuisement des graminées est presque toujours le surpâturage et surtout l'absence de temps de repos ou un temps de repos trop court ». Et ajoute César (op. cit.): un essai réalisé au Centre de Recherches Zootechniques (C.R.Z.) de Minankro-Bouaké en Côte-d'Ivoire corrobore cette description : les recrûs ligneux ont été recensés 9 mois après un débroussaillage chimique. On notait 2 630 rejets à l'ha sur la parcelle pâturée, alors que celle mise en défens n'en comptait que 600. Très souvent, le déséquilibre entre ligneux et herbacées est accentué par la faiblesse du feu ou son absence totale par défaut de combustible herbacé.

## Conclusion

Il semble avoir de rapport entre les manifestations actuelles du cycle saisonnier et celles des cycles phénologiques. Par contre l'accent peut être mis sur l'alimentation en eau du sol, qui constitue le facteur des phénophases le plus impératif. Les végétaux étudiés présentent deux types de comportement vis-à-vis des fluctuations des facteurs écologiques. Très peu d'espèces sont



relativement peu sensibles aux écarts des conditions hydriques telles qu'elles se présentent dans le Nord-Est ivoirien. La plupart calquent leurs stades phénologiques sur les variations des conditions hydriques du milieu. De même, parmi les phénologies variées ainsi mises en évidence, des règles d'organisation apparaissent: certains traits phénologiques s'associent entre eux de manière préférentielle et d'autres se distinguent selon les types biologiques des espèces. A l'échelle de la phytocénose, la reconstitution des faciès de végétation de savane est déterminée par l'association des stades phénologiques constitués de l'apparition et la chute des fruits secs et des feuilles de la plupart des espèces étudiées en saison sèche. La reconquête ligneuse de l'espace et la reconstitution des divers faciès de végétation sont soumises à la dissémination active et surtout passive en général dans des conditions d'humidité offertes par la défeuillaison pendant la saison défavorable puis par les repousses des graminées en début de saison humide. Paradoxalement, l'épanouissement des recrûs ligneux coïncide avec la disparition des graminées au cours du temps. C'est, en effet, en l'absence des phénomènes de compétition entre graminées et recrûs ligneux que les jeunes ligneux enregistrent leur propre évolution et celle des environnements local et global par le bilan du carbone et la réponse à l'effet de serre.

### References:

1. Aubreville André, 1950, Flore forestière soudano-guinéenne. Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, Paris, 523 p.
2. Avenard Jean Michel (1971), Aspects de la géomorphologie, Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, Orstom-Abidjan, 9-72.
3. Breman Hendrick, Kessler Jan-Joost, 1995, Woody plants in agroecosystems of semi-arid regions. Agronomic Sciences. vol. 23. Berlin : Springer-Verlag, 1995, 354 p.
4. César Jean, 1977, « Essais de lutte chimique contre les ligneux en savane, Côte-d'Ivoire (1975-1976) ». In Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, 30 (1), agritrop.cirad.fr, 85-99.
5. Dabin Bernard, Leneuf Noël, Riou Gérard, 1960, Carte pédologique de la Côte d'Ivoire au 1/ 2 000 000, Notice explicative, Service des sols de la Côte d'Ivoire-Ministère de l'Agriculture, 36 p.
6. Devineau Jean Louis, 1999, « Seasonal rythms and phonological plasticity of savanna woody species in fallow farming system (south-west Burkina Faso) ». J Trop Ecol 1999 ; 15, 497-513.
7. Eldin Michel, 1971, Le climat ; In Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, Orstom-Abidjan, 73-108

8. Fournier Anne, 1991, Phénologie, croissance et production végétale dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest, variation selon un gradient climatique. Orstom-Paris, 312 p.
9. Granier Pierre et Cabanis Yves, 1975, « Note sur la phénologie des graminées de savane ». In Revue Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux, 28 (1), 79-82
10. Guillaumet Jean-Louis et Adjanooun Edmond, 1971, La végétation de la Côte D'Ivoire. In Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, Orstom-Abidjan, 158-263
11. Jeffers Jenna N. Robinson et Boaler Sebastian Bruce, 1966, « Ecology of a Miombo site, Lupa North Forest Reserve, Tanzania. I Weather and plant growth 1962-64 ». In Journal of Ecology, 54, 447-63.
12. Kambiré Sambiré, Alla Kouadio Augustin et al., 2020, traditionnalité africaine et organisation de l'espace. La brousse inappropriée dans le paysage agricole du nord-est ivoirien : un atout écologique. In Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou, 41-61
13. Lamotte Maxime, 1982, « Consumption and decomposition in tropical grassland ecosystems at Lamto, Ivory Coast ». In Ecology of tropical savannas, Ecological studies 42, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 415-430.
14. Mahamane Ali, Saadou Mahamane, Lejoly Jean, 2007, « Phénologie de quelques espèces ligneuses du Parc national du « W » du Niger ». Sécheresse 2007 ; 1E (4), 1-13
15. Menaut Jean Claude, 1971, Etude de quelques peuplements ligneux d'une savane guinéenne de Côte d'Ivoire. Thèse de 3e cycle, Botanique tropicale, Paris, 140 p. + bibliographie et annexes.
16. Monasterio Maximina et Sarmiento Guillermo, 1996, « Phenological strategies of plant species in the tropical savanna in the semi-deciduous forest of the Venezuelan llanos ». In Biogeography journal, Vol. 3 n° 4, 325-56.
17. Ouédraogo Pierre Maxime, 1985, Etude de la relation herbe-arbre dans une savane naturelle soudanienne, Mémoire de diplôme d'ingénieur des techniques du développement rural, option Elevage, Université de Ouagadougou, 91 p.
18. Rougerie Gabriel, 1964-1967. La Côte d'Ivoire, Coll. Que sais-je? N°137, Paris, PUF.
19. Schnell Raymond, 1970, Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. Volume I. Les Flores. Les Structures. Gauthier-Villars, Paris, 499 p.
20. UNEP-GEF Volta Project, 2011, Analyse diagnostique transfrontalière du bassin versant de la Volta : Rapport thématique sur les écosystèmes du bassin, rapport final, UNEP/GEF/Volta/RR., 102p.



## Assessment of the Effect of Different Varieties of Tomato and Hot Pepper on Nematodes Attack in Senegal

*Alpha Cisse, PhD*

University of Bambey, Agricultural and Rural College, Bambey, Senegal

*Mamadou Thiam Diop, PhD*

University of Thies, ENSA, Senegal

*Souleymane Dia, MSc*

Horticultural Vocational Center (CFPH), Camberene Road, Dakar, Senegal

*Saliou Bob, MSc*

University of Bambey, Agricultural and Rural College, Bambey, Senegal

*Aboubacry Kane, PhD*

*Mbacke Sembene, PhD*

University of Dakar, Faculty of Sciences and Technology, Department of Plant and Animal Biology, Dakar, Senegal

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p92](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p92)

Submitted: 29 June 2021

Accepted: 20 September 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Cisse A., Diop M.T., Dia S., Bob S., Kane A. & Sembene M. (2021). *Assessment of the Effect of Different Varieties of Tomato and Hot Pepper on Nematodes Attack in Senegal*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 92.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p92>

### Abstract

Tomato and hot pepper are very susceptible to nematodes. The Parasitic Plant Nematodes (PPN) are controlled using chemicals or resistant varieties. This study focuses on appraising the resistance levels of local and American varieties through the plant characteristics (growth, biomass) and the nematodes metrics (gall index, population). For each crop, three American varieties were tested to ascertain their resistance to the nematodes in Senegal using the following plant materials and protocol. American tomatoe varieties are as follows: Small Fry, Jet Setter, and Celebrity. The hot pepper American varieties include Charleston Bell, Carolina Cayenne, and Carolina Wonder. All of these were provided by the Entomology and Nematology Department and Cooperative Extension Service at the University of Florida. They were compared with highly susceptible Senegalese local varieties which were Roma

and Orbit for tomato and Safi for hot pepper. The test was conducted in pots containing sterilized sand of dune and placed in a shelter in a completely randomized design. There were 200 second stage juveniles (J2) of *Meloidogyne* inoculated in each pot thirteen days after transplantation. After fifty days, plants were uprooted to collect agronomic and nematological parameters. Results for tomato showed, in general, better growth from Roma than the other American tomato varieties. Celebrity offered possibilities of reducing *Meloidogyne* population, while Small Fry and Jet Setter's growth were not affected by *Meloidogyne* populations. Safi, which is the local hot pepper variety, displayed the poorest growth. Carolina Cayenne variety also performed better than Safi in heavy infestations. Analysis of *Meloidogyne* J2 final population data (in the soil and root) showed a significant difference between Small Fry and Celebrity for tomato. As for hot pepper, Carolina Cayenne performed significantly better than Carolina wonder and Safi. This opens up further research opportunities on the impact of *Meloidogyne* nematode genus and the agronomic parameters.

---

**Keywords:** *Meloidogyne*, Variety, Tomato, Hot Pepper

## I. Introduction

Agriculture occupies an important place in Senegal where 70% of the population resides in rural areas and grows cereals, legumes, and vegetables. Vegetable crops are especially important given their profitability, nutritional enhancement of traditional dishes, and the exports leading to more currency availability (Autissier, 1988). Senegalese vegetable production, estimated at 1,083,399 tons in 2017, is dominated by onion (400,000 tons). This is followed by potato (118,783 tons), cabbage (76,116 tons), sweet potato (72,000 tons), industrial tomato (70,000 tons), and cherry tomato (68,000 tons) (Direction de l'Horticulture, 2017). Originating from South America, tomato (*Solanum lycopersicum*) and hot pepper (*Capsicum frutescens*) belong to the Solanaceae family and Scrophulariales order. Tomato cultivation can be impeded by parasitism in equatorial regions or by the heat in Sahelian areas. On the other hand, hot pepper is cultivated the whole year in tropical areas. Tomato is the second most important vegetable in Senegal (Diallo et al., 2017; Sene et al., 2020). The importance of tomato and hot pepper is due to their content of minerals, antioxidants, and vitamins that are indispensable for the growth and proper functioning of human organs (Glodjinon et al., 2020). Tomato and hot pepper are susceptible to Root-Knot Nematodes (RKN) that decrease the root system. Also, they yield or Moreover, RNK annihilate the beneficial interactions with soil microorganisms (Diaw et al., 2019). Nematodes are the most abundant

multicellular organisms on earth and are responsible for important yield losses due to buildup of inoculum of the nematode and repeated cultivation of same cultivars in the same land every year (Hussain et al., 2016). Even if they form a homogenous group with regard to their characteristics, nematode species vary in function of the species and the environments they colonize (Morand, 2002). Parasitic plant nematodes are cylindrical worms invisible to the naked eye. These worms are generally 300 to 1,000  $\mu\text{m}$  in length and 15 to 35  $\mu\text{m}$  in width, but occasionally measure up to 3 mm. Nematodes possess an external cuticle containing the digestive system, the protractile stylet, and the reproductive system (Esser, 1971). Plant nematodes account for over 4,100 species—Thus, they falling into three groups. which These groups are subdivided in two sub-groups each (Poveda et al., 2020), i.e., sedentary nematodes that remain in the host plant and migratory nematodes that leave the host plant at a given time in their life (Ritter, 1971). Based on the feeding habits, the three groups are:

- Endoparasites which lay eggs inside the plant tissues are mostly found in the roots or in the leaves (for certain species) and the stems or other underground organs with a stem-like botanical structure.
- Semi-endoparasites which deeply fix themselves to the roots and lay eggs outside the host plant.
- Ectoparasites which remain in the soil outside the root they feed on using their stylet.

About thirty species of nematodes mainly belong to the genera *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, and *Scutellonema* parasitize crops and are from twenty different genera in Senegal (Netsher, 1970). *Meloidogyne*, which is known as the root-knot nematodes, are sedentary endoparasitic nematodes belonging to the Nematoda class, Secernentea subclass, Tylenchida order, Tylenchoidea Super family, and Meloidogynidae family. They are considered as one of the most damaging nematodes to crops worldwide and are ranked in the top five plant pathogens (Koenning et al., 1999; Mukhtar, 2018).

Due to the importance of plant nematode damages, which accounts for \$157 billion in global agricultural losses per year (Abad et al., 2008), highly effective but hazardous nematicides such as methyl bromide and 1,3 dichloropropene have been used as soil fumigants in the past century (Laquale et al., 2015). However, they are mostly crop specific and can be phytotoxic to certain crops (Morris et al., 2016; Oka et al., 2012). Moreover, environmental and human health concerns spur the withdrawal of most of these nematicides from the market. This has led to the search for alternative strategies (Ghorbani et al., 2008; D'Addabbo et al., 2010) such as soil solarization (Basallote-Ureba et al., 2010), phytochemical compound nematicides, semisynthetic phytochemical derivatives (Chitwood, 2002), fertilizer application in split doses (Benjamin et al., 2020); composts based on local vegetation such as

*Calotropis procera*, *Crotalaria juncea* (Sall et al., 2020); biological control agents such as *Trichoderma citrinoviride* (Fan et al., 2020); and resistant plant varieties. However, the tomato and pepper breeding programs offer few cultivars with root-knot nematode resistance (Maquilan et al., 2020). The Nematology laboratory of The Senegalese Agricultural University (ENSA) has carried out research on the resistance of American tomato and hot pepper varieties to the nematodes of *Meloidogyne* genus in local conditions. The main objective of this research is to review the susceptibility of these American varieties with regard to the local varieties that are susceptible to the *Meloidogyne* genus which affects more than 2,000 species belonging to 100 families (Yue et al., 2021). Specifically, it intends to assess the following: (1) plant growth during the vegetative cycle, (2) aboveground and root biomass, (3) the root-knot index, and (4) the final population of *Meloidogyne* nematodes (in the soil and root).

## II. Materials and Methods

To assess the effect of local and American varieties of tomato and hot pepper, the following materials and methods were used:

### 2.1. Plant Materials

The American varieties are supposed to be resistant, while the local varieties used as control are supposed to be sensitive to the nematodes.

#### 2.1.1. Tomato Varieties

The tomato varieties used in this study were Small Fry, Jet Setter, Celebrity (USA), and two local varieties (Roma and Orbit). Roma is a precocious and productive variety that resists *Fusarium* and *Verticillium*. The fruits, which are medium-sized and spherical, contain few seeds. Jet Setter is a heat-tolerating variety that produces medium-sized and round fruits. The fruit peel is thicker than the other varieties, which makes the Jet Setter variety less prone to the cracks. Celebrity is characterized as a semi-bush that produces two vegetative branches before any raceme. Small Fry is an upright small plant and thick peel fruits. This precocious variety bears high temperature. Orbit is a local variety that is deemed sensitive to *Meloidogyne* nematodes.

#### 2.1.2. Hot Pepper Varieties

The Charleston Bell, Carolina Wonder, Carolina Cayenne (USA), and Safi (local variety) pepper varieties were used.

Safi is deemed to be a susceptible variety. Wonder and Charleston Bell are two new cultivars sharing many similarities. The plants usually grow in a compact way and the cycle lasts 63 to 70 days. The results of two sets of

experiments conducted in the laboratory of vegetables in USA in 1996 showed that the plant and fruit characteristics of Carolina Cayenne and Carolina Wonder are practically identical. Local varieties of tomato (Roma and Orbit) and hot pepper (Safi) are deemed to be sensitive to the Meloidogyne genus.

**2.2. The Experimental Design**

The experiment was conducted using a completely randomized design with one treatment (variety) and five replications. In total, 45 pots were used of which 25 were for tomato and 20 were for hot pepper. The pot weight after filling was 2 kg and 2.5 kg for tomato and hot pepper respectively. Each pot was labelled and kept according to the following designs.

Crop	VARIETIES	CODE
Tomato	Small fry	V1
	Jet Setter	V2
	Celebrity	V3
	Roma (local, sensitive)	V4
	Orbit (local, sensitive)	V5
Hot pepper	Charleston bell	V1
	Carolina wonder	V2
	Carolina cayenne	V3
	Safi (local, sensitive)	V4

V4	V4	V5	V1	V1
V1	V3	V4	V1	V3
V4	V5	V4	V5	V2
V2	V2	V3	V2	V3
V1	V5	V5	V3	V2

V4	V1	V3	V4	V1
V2	V2	V2	V3	V2
V4	V1	V3	V2	V4
V3	V4	V1	V4	V1

\* V: variety

**Figure 1.** Experimental Design for Tomato (Left) and Hot Pepper (Right)

**2.3. Data Collection**

**2.3.1. Nursery, Sowing, and Management**

The seeds were sown in seedling trays and placed in a secured location. Thereafter, daily watering was conducted. After 24 days in the nursery, the seedlings were transplanted into pots filled with sand dune sterilized in a heat chamber at 160° for 24 hours to obtain sterile substrate. The watering was conducted twice a day at 8 am and 5 pm.

**2.3.2. Inoculum Preparation and Inoculation**

Guava roots infested with Meloidogyne nematodes were cut and put on 100µm-sieves, which was soaked for 7 days. The roots were afterwards removed and the solution was collected in a test tube for nematode counting. The plants were inoculated with 200 nematodes using a graduated pipette containing 5 cc of the solution.



### **2.3.3. Agro-Morphological Observations**

Observations on plant height from the collar to the last leaf's insertion were conducted up to 49 days after transplantation. Afterwards, the plants were harvested and the following parameters were also measured: aboveground biomass, root biomass, root-gall indices, and number of *Meloidogyne* individuals. After careful uprooting of plants, the aboveground and root parts were weighted and separated. Using the root-gall indices, the infestation severity degree was assessed on a scale of 0 to 10 per Zeck (1971).

### **2.4. Analysis of *Meloidogyne* Populations**

The nematodes were extracted according to the simplified Baerman funnel method (Hooper, 1990), which consist of adding water in 250 cc of soil in a plastic bucket. The soil solution was allowed to settle for 15 minutes. The supernatant was filtrated with a three-level sieve with decreasing meshes size of 2mm, 100µm, and 40µm.

### **2.5. Soil and Root Sampling**

For each pot, samples of 250g of soil and 2g of roots were collected and labelled. Therefore, 25 and 20 soil samples were collected for tomato and hot pepper respectively. The same number of root samples was also collected for tomato and hot pepper. Nematodes were extracted using the following methods:

#### **2.5.1. Soil Nematodes' Extraction**

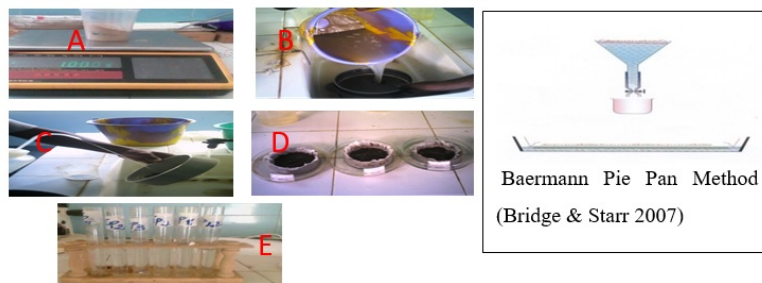
Soil nematodes were extracted using the elutriation method of Seinhorst (1962), which is based on the settling of particles in water. A 250 cm<sup>3</sup> volume of soil was suspended in a column of water. To separate the particles, ascending water current was distributed through the column for 30 minutes to raise and collect the nematodes in a bucket. The suspension (water, nematodes and debris) was filtrated using four sieves with a mesh size of 50 µm. The refusals from sieving were poured in a sieve that had a mesh size of 100 µm and was covered by two pieces of tissue. The filtrate was placed in a Petri dish filled with water. Nematodes present in the Petri dish were counted after 48 hours.

#### **2.5.2. Root Nematode Extraction**

Roots were washed under weak water current. A gall-index was assigned to each root system per Zeck (1971). Nematodes were extracted from the roots according to Seinhorst (1950). A certain mass of roots was placed on a coarse sieve immersed in an overfilled dish. The dish was exposed to a fog inside a chamber until the roots began to decay. Nematodes came out after that and were transported by the current. The suspension containing the nematodes



and vegetal debris was poured on a sieve covered with tissue after 7 days and 14 days. The suspension is purified the same way as for the soil elutriation.



**Figure 2.** Different Steps of the Nematode Extraction

The various steps of the nematode extraction are outlined as follows: A) soil sample weighting, B) sieving of the soil solution with the 40 µm mesh, C) recovery of the sieve residues, D) setting the sieve residues down on 50 µm-sieve for the active passage of nematodes, and E) recovery of the sieve residues and collection of the extracts in test tubes (Karmadini, 2007).

## 2.6. Identification and Counting

Nematode identification and counting were carried out on an aliquot of 5 cc of the extract (5/25). Sampling was done using a pipette and the number of individuals was divided by the pot weight. Binocular magnifiers and optical microscopes were used to evaluate morphological characters and identify different genera. Identification keys were used when needed. The number of nematodes was counted in each root sample of 2g. The number of nematodes corresponding to the root mass was deduced from the number of individuals per sample for each variety and for each replicate.

## 2.7. Data Analysis

The processing and the graphical representation of the raw data were conducted in Microsoft Excel. The analysis of variance and the Student-Newman-Keuls test (at 5% level) were performed using the STATVIEW program.

## III. Results

### 3.1. Tomato Plant Height

The tomato varieties such as Small Fry, Jet Setter, and Celebrity were taller at transplantation than the local varieties of Roma and Orbit. However, Roma prevailed over Small Fry, Jet Setter, Celebrity, and Orbit beyond the 7<sup>th</sup> day after transplantation. The growth of the tomato varieties, i.e., Small Fry, Jet Setter and Celebrity, slowed down 14 days after transplantation.

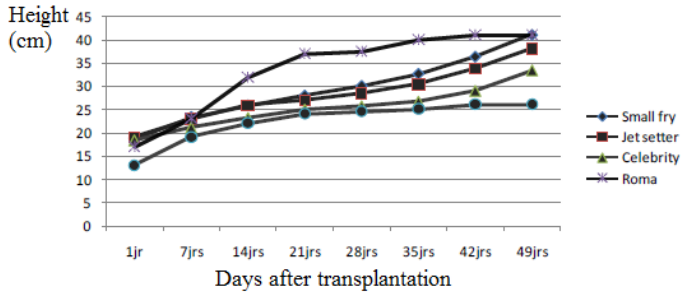


Figure 3. Tomato Plant Height after Transplantation

### 3.2. Hot Pepper Plant Height

The hot pepper variety, i.e., Carolina Cayenne, showed the best growth. This was followed by Carolina Wonder and Charleston Bell. Safi, which is the local variety, lagged behind from the transplantation up to the 49<sup>th</sup> day. Carolina Cayenne grew faster than the other varieties one week after transplantation. Interestingly, this trend was maintained up to the 14<sup>th</sup> day.

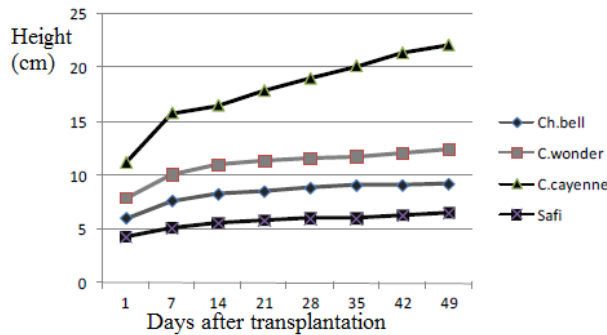


Figure 4. Hot Pepper Plant Height after Transplantation

### 3.3. Aboveground and Root Biomass of the Tomato Varieties

Roma variety had the most important aboveground biomass (18g), followed by Celebrity (13.2g), Jet Setter (12.8g), Small Fry (9.6g), and Orbit (7.6g). Nonetheless, Roma and Celebrity had the greatest root biomass at 6.4g each. Jet Setter had slightly less root biomass with 6g, while Small Fry and Orbit lagged behind at 4.8g and 4.6g respectively.

Table 1. Tomato Aboveground and Root biomass

Variety	Aboveground biomass	Root biomass (g)
Small Fry	9.6±03	4.8±09
Jet Setter	12.8±01	6±04
Celebrity	13.2±07	6.4±05
Roma	18±03	6.4±01
Orbit	7.6±01	4.6±03

### 3.4. Aboveground and Root biomass of the Hot Pepper varieties

In terms of plant height, Carolina Cayenne variety showed the greatest aboveground biomass at 5.3g, followed by Charleston bell (2.9g), and Carolina wonder (2.4g). Conversely, Safi variety had the lowest aboveground biomass at 0.72g and also had the lowest root biomass at 0.72g, which is behind the Carolina Wonder (2.4g) and Charleston bell (2.9g) varieties. The Carolina cayenne variety displayed the highest root biomass (3.9g).

**Table 2.** Hot Pepper Aboveground and Root biomass

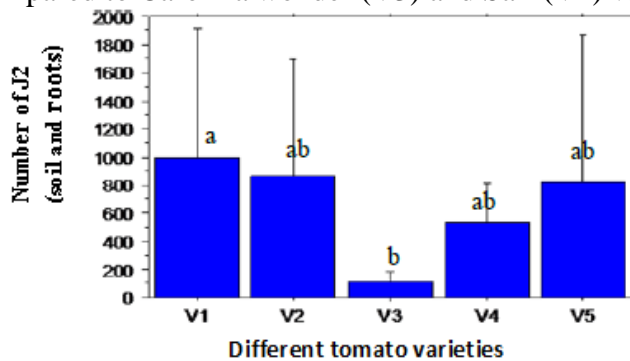
Variety	Aboveground	Root biomass
Charleston	2.9 ± 01	2.7±07
Carolina	2.4 ±05	2.8±01
Carolina	5.3±02	3.9±01
Safi	0.72±01	1.74±03

### 3.5. Final Population of Meloidogyne in the Tomato Soil and Roots

Among the tomato varieties, only Small Fry (V1) and Celebrity (V3) had significantly different levels of final population of J<sub>2</sub> Meloidogyne between the soil and the roots.

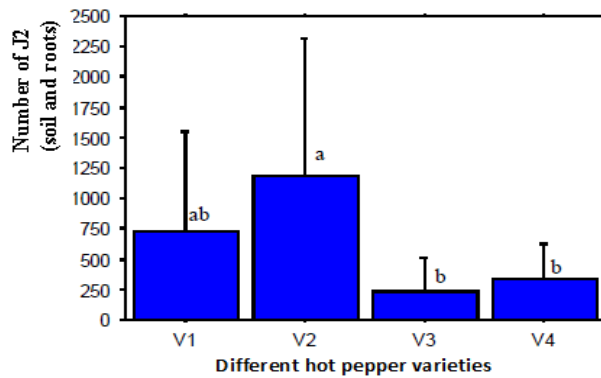
### 3.6. Final Population of Meloidogyne in the Soil and in the Hot Pepper Roots

The Carolina Cayenne (V2) variety showed a significantly larger population of final population of J<sub>2</sub> Meloidogyne between the soil and the roots when compared to Carolina wonder (V3) and Safi (V4) varieties.



*The Varieties with Same Letters are not Significantly Different*

**Figure 5.** Final Population of Meloidogyne in the Soil and the Tomato Roots



*The Varieties with Same Letters are not Significantly Different*

**Figure 6.** Final Population of Meloidogyne in the Hot Pepper Soil and Roots

#### IV. Discussion

It is well-known that the solanaceous crops are particularly susceptible to Meloidogyne nematodes (Abad et al., 2003). However, their reaction to the infection may vary greatly.

In this study, American tomato varieties such as Small Fry, Jet Setter, and Celebrity display good plant growth in the nursery compared to local varieties. However, the local variety, i.e., Roma, begins to perform better after the transplantation and even before the inoculation. Conversely, the other local variety, i.e., Orbit, displayed relatively modest growth compared to the American varieties.

Roma and Orbit had the lowest root-gall indices, while Small Fry and Jet Setter showed very high indices, indicating a greater susceptibility of these varieties to the Meloidogyne genus. These performances may also be due to the low inoculum rate (200) since previous studies have shown Roma susceptibility to nematodes despite an inoculum rate of 300 larvae per plant (Touré et al., 2019). The Meloidogyne nematodes appear to have an affinity with the Celebrity variety, which reveals that the root-gall indices are quite high and close to those of Small Fry and Jet Setter. However, the presence of the root gall did not impede the growth or result in greater aboveground biomass than root biomass. The root galling was shown to alter water and nutrient uptake by the root system, thereby causing a reduced height (Murad et al., 2020). The Celebrity variety may possess an adaptation mechanism which allows proper plant nutrition in spite of the nematode infection.

The final population of J<sub>2</sub> Meloidogyne is higher for Small Fry, Jet Setter, and Orbit. This shows that these varieties fostered the multiplication of the Meloidogyne genus, while Celebrity and Roma restricted their development. Previous studies showed a reduced final nematode population six weeks after inoculation of the *Solanum* spp with root knot nematodes

(Agyeman, 2016). This trend was explained by the interaction between the rootstock and the initial nematode population. The increased *Meloidogyne* population for Small Fry and Jet Setter did not hamper the development of the plants. Hence, their average height was greater than the height of Orbit which showed smaller *Meloidogyne* population. These findings are in line with those of Duponnois et al. (1997) who highlighted positive correlation between plant height, aboveground biomass, and nematode index in *Acacia* species. In contrast, low gall index/nematode population and important height have been reported in okra (Sani et al., 2021). The Orbit variety was more susceptible to the *Meloidogyne* genus than Small Fry and Jet Setter, while Roma appeared to show a certain level of tolerance. However, the Celebrity variety had a lower average height than Orbit in spite of the lower *Meloidogyne* population. This indicates that the strong presence of *Meloidogyne* in the Orbit plant roots had no negative effect on its growth. In other words, Celebrity is more susceptible to the presence of *Meloidogyne*. The Roma variety began to blossom 21 days earlier than the other varieties after transplantation. More so, yellowing, wilting, and leaf fall were observed on all the varieties.

American hot pepper varieties grew better than the local variety, Safi. In addition, Carolina Cayenne performed best, followed by Carolina Wonder, and Charleston Bell. This could stem from the presence of the “N” gene conferring nematode resistance to the Charleston Bell and Carolina Wonder varieties (Hu et al., 2020). The growth was rapid immediately after transplantation but slowed down after inoculation was conducted on the 14<sup>th</sup> day. Safi proved to be less susceptible to the *Meloidogyne* than the American varieties (Carolina Cayenne, Carolina Wonder and Charleston Bell) with a lower root-gall index. The Charleston Bell and Carolina Cayenne varieties had similar root-gall indices with a predominance of aboveground biomass over the root. The converse pattern (more root biomass than aboveground biomass) was observed with Carolina Wonder and Safi whose root-gall indices were different.

The highest final populations of *Meloidogyne* were observed on Carolina Wonder and Charleston Bell with a strong presence in the roots. Previous studies have reported higher infestation levels of *M. incognita* J<sub>2</sub> in ‘Charleston Belle’ than in ‘Carolina Wonder’ under greenhouse conditions (Aguilar et al., 2014).

Furthermore, revealing the smallest final populations of *Meloidogyne*, Carolina Cayenne and Safi varieties had the highest soil nematode populations. Carolina Cayenne and Carolina Wonder had the best growth, which indicates that the strong presence of *Meloidogyne* soil nematodes did not affect the growth. Safi hosted the lowest *Meloidogyne* population and experienced a considerably delayed growth. Considering the slow growth of Safi, it would be problematic to interpret its susceptibility to nematodes only

in reference to height measurements. This is because it was less infested with the *Meloidogyne* nematodes (Zeck, 1971). Yellowing, leaf fall, and wilt were observed during the growth process as in the case of the tomatoes. The Carolina Cayenne variety began to bloom the fourth week after transplantation while other varieties did not blossom yet. Although it was deemed susceptible to *Meloidogyne*, the two local tomato varieties (Roma and Orbit) and one local hot pepper variety (Safi) were relatively less susceptible than the American varieties under study. Roma performed better than Small Fry, Celebrity, and Jet Setter even though Celebrity variety offered more possibilities to reduce *Meloidogyne* populations. However, Small Fry and Jet Setter withstood the *Meloidogyne* attacks better than the local variety Orbit. Furthermore, Celebrity variety demonstrated unusual behavior that necessitates investigation of the relationship between *Meloidogyne* population and plant height. The high densities of *Meloidogyne* populations observed in most of the root samples indicate that these nematodes are endoparasitic (Ritter, 1971). At inoculation, nematodes entered the roots where they disturbed the plant's hydro-mineral nutrition (Sasser, 1979). The damage causes plant stunting which translates into qualitative and quantitative depreciation of the production as reported by Sardanelli and Ellison (2005).

## **V. Conclusion and Prospects**

This research evaluated American tomato and hot pepper varieties which is supposed to be resistant to the *Meloidogyne* in comparison with local susceptible varieties. Plants were grown in pots and inoculated the 13<sup>th</sup> day after transplantation. Weekly agro-morphological data were collected during the plant growth. Analysis of root gall and *Meloidogyne* final populations was performed in the lab on the 49<sup>th</sup> day after transplantation. Although regarded as a susceptible tomato variety, Roma appeared to show a better performance with an important aboveground and root biomass. Therefore, this shows a low root-gall index and a population of root nematodes higher than the soil population. The American variety celebrity recorded both the lowest root and soil nematode populations and was second to Roma in terms of biomass. With regard to plant height, Roma was followed by Small Fry. However, the latter variety was highly infested by *Meloidogyne* and had the highest root-gall index. Conversely, Safi performed poorly compared to American varieties. More so, its root-gall index and infestation level were the lowest. In order to better appraise the plant growth in function of *Meloidogyne* nematode infestation, future studies should consider non inoculated control varieties in addition to the American resistant varieties. In the same vein, field trials would enable the assessment of the different varieties in relation to nematode settling by staggered sampling on the 10<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup>, 30<sup>th</sup>, and 40<sup>th</sup> day. Genetic analysis could shed more light on the gene characterizing these different varieties.

## Acknowledgement

The authors would like to thank Rachel C. Voss from CIMMYT-Kenya for kindly proofreading the manuscript.

## References:

1. Abad, P. B., Favery, M. N., Rosso & Castagnone Sereno, P. (2003). Root knot nematode parasitism and host response: Molecular basis of a sophisticated interaction. *Molecular Plant Pathology*, 4: 217-224.
2. Aguiar, J. L., Bachie, O., & Ploeg, A. (2014). Response of resistant and susceptible bell pepper (*Capsicum annuum*) to a Southern California *Meloidogyne incognita* population from a commercial bell pepper field. *J. Nematol.* 46:346–351.
3. Agyeman, C. (2016). Evaluation of the growth and yield of *Solanum lycopersicum* L. Pectomech grafts in rootknot nematode infested soils. MPhil Thesis. University of Ghana. 121pp
4. Abad, P., Gouzy, J., Aury, J. M., Castagnone-Sereno, P., Danchin, E. G. J., Deleury, E., & Blok, V. C. (2008). Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. *Nature Biotechnology*, 26: 909–915.
5. Autissier, V. (1988). Etude des cultures maraichères en Afrique Centrale et occidentale : maladies de la tomate. Document GRET. 175p. Publication INRA.187-212 p.
6. Basallote-Ureba, M. J., Vela-Delgado, M. D., Macías, F. J., López-Herrera, C. J., & Melero-Vara, J. M. (2010). Soil chemical treatments for the control of *Fusarium* wilt of carnation in Spain. *Acta Horti*, 883:175-179.
7. Benjamin, J., Adejumo, S. A., & Claudius-Cole, A. (2020). “Maize Response to Sole and Combined Effects of Nitrogen and Nematode Stresses”, *Adv. J. Grad. Res.* 9(1):71-80.  
<https://doi.org/10.21467/ajgr.9.1.71-80>
8. Chitwood, D. J. (2002). Phytochemical based strategies for nematode control. *Annual Review of Phytopathology*, 40: 221–249.
9. D’Addabbo, T., Miccolis, V., Basile, M., & Candido, V. (2010). Soil solarization and sustainable agriculture. *Sociology, Organic Farming, Climate Change and Soil Science. Sustainable Agriculture Reviews.* pp. 217–274. Ed. E. Lichtfouse. Springer Science+Business Media B.V.
10. Diallo, A., Sall, D. S., Bordat, D., & Diarra, D. (2017). Assessment of a cabbage/pak choi crop association to manage aphid and parasitoid populations on cabbage crops in Senegal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11(4): 1542-1550.



11. Diaw, D., Gueye, N., Sare, I. C., Dangué, A., & Diop, T. A. (2019). Study of the Effect of *Pseudomonas Putida* and *Funneliformis Mosseae* on the Growth and Productivity of Tomato (*Solanum Lycopersicum L.*) in Senegal. *Eur. Scientific Journal*, 15(6): 380 - 390
12. Direction de l'Horticulture (2018). Contribution de la Direction de l'Horticulture au rapport bilan 2017 du Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural. Dakar, MAER, 10pp
13. Duponnois, R., Cadet, P., Senghor, K., & Sougoufara, B. (1997). Sensibilité de plusieurs acacias australiens au nématode à galles *Meloidogyne javanica*. *Annales des sciences forestières*, 54(2): 181-190. EDP Sciences.
14. Fan, H., Yao, M., Wang, H., Zhao, D., Zhu, X., Wang, Y., & Chen, L. (2020). Isolation and effect of *Trichoderma citrinoviride* Snef1910 for the biological control of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *BMC microbiology*, 20(1), 1-11.
15. Ghorbani, R., Wilcockson, S., Koocheki, A., & Leifert, C. (2008). Soil management for sustainable crop disease control: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 6:149–162.
16. Glodjinon, N. M., Noumavo, P. A., Adéoti, K., Savi, H., Garba, K., Kouhoundé, S. S., Toukourou, F., Baba-Moussa, L., Sawadogo, A., & Baba-Moussa, F. (2020). Mold Occurrence in Fresh Chilli Pepper (*Capsicum spp.*) Harvested Directly in the Field in Benin Republic. *Eur. Scientific Journal*, 16(3): 177 - 200
17. Hooper, D. J. (1990). Extraction and Processing of plant and soil Nematodes. In: M. Luc, R. A. SIKORA & J. Bridge (Eds.) CAB International. *Plant Parasitic Nematodes in Tropical and Subtropical Agriculture*. Pp:45-68.
18. Hu, W., Kingsbury, K., Mishra, S., & DiGennaro, P. (2020). A comprehensive transcriptional profiling of pepper responses to root-knot nematode. *Genes*, 11(12), 1507.
19. Hussain, M. A., Mukhtar, T., & Kayani, M. Z. (2016). Reproduction of *Meloidogyne incognita* on resistant and susceptible okra cultivars. *Pak. J. agric. Sci.*, 53: 371-375. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/16.4175>
20. Karmadini, H. M. (2007). Dynamique des peuplements des nématodes phytoparasites et leur effet sur le rendement du gombo, *Abelmoschus esculentus(L)*. Thies, Mémoire D.E.A, ENSA, 43p.
21. Koenning, S. R., Overstreet, C., Noling, J. W., Donald, P. A., Becker, J. O., & Fortnum, B. A. (1999). Survey of crop losses in response to phytoparasitic nematodes in the United States for 1994. *J. Nematol.*, 13:587-618.



22. Laquale, S., Candido, V., Avato, P., Argentieri, M. P., & d'Addabbo, T. (2015). Essential oils as soil biofumigants for the control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on tomato. *Annals of Applied Biology*, 167(2): 217-224.
23. Maquilan, M. A. D., Padilla, D. C., Dickson, D. W., & Rathinasabapathi, B. (2020). Improved Resistance to Root-knot Nematode Species in an Advanced Inbred Line of Specialty Pepper (*Capsicum annum*). *Hort. Science* 55(7):1105–1110.2020. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14921-20>
24. Morand, S. (2002). Life history evolution of nematodes: linking epidemiological modeling and comparative tests. *Nematology*, 4(5) : 593-599.
25. Morris, K. A., Langston, D. B., Davis, J. P., Noe, R. F., Dickson, D.W., & Timper, P. (2016). Efficacy of various application methods of fluensulfone for managing root-knot nematodes in vegetables. *J. Nematol.* 48:65–71.
26. Mukhtar, T. (2018). Management of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, in tomato with two *Trichoderma* species. *Pakistan Journal of Zoology*, 50(4):1589-1592.
27. Murad, S. S., Shamkhi, J. A., Ahmed, W. A., & Borham, G. S. (2020). Screening of three solanaceae plant varieties to *Meloidogyne incognita* infection with reference to nematode abundance in Iraq. *Plant Archives*, 20(1), 1814-1818.
28. Netsher, C. (1970). Les nématodes parasites des cultures maraichères au Senegal. *Calc. ORSTOM*, sev. Biol. N11 Avril 1970.
29. Oka, Y., Shuker, S., & Tkachi, N. (2012). Systemic nematicidal activity of fluensulfone against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on pepper. *Pest Manag. Sci.* 68:268–275.
30. Poveda, J., Abril-Urias, P., & Escobar, C. (2020). Biological control of plant-parasitic nematodes by filamentous fungi inducers of resistance: *Trichoderma*, mycorrhizal and endophytic fungi. *Frontiers in Microbiology*, 11, 992.
31. Ritter, M. (1971). Les nématodes et l'agriculture dans : Les nématodes des cultures. Paris, Ed. ACTA FNCP. 828p.
32. Sani, I. S., Adamou, H. A. O. U. G. U. I., Ousseini, I. S., Sanjeet, K. U. M. A. R., Mahamane, A. L. I., & Yacoubou, B. A. K. A. S. S. O. (2021). Screening of okra (*Abelmoschus* species) genotype for resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). *African Journal of Agricultural Research*, 17(1), 173-188.
33. Sall, S. N., Ngom, F. K., & Diakhate, S. (2020). Controlling plant-parasitic nematodes in sandy soil in the Senegal River Valley using

- composts based on potentially nematicidal plants. *Journal of Applied Biosciences*, 145, 14892-14901.
34. Sardanelli, S. & Ellison, F. (2005). Introduction to plant parasitic Nematode Biology and Management. Nematology Series, NDRF Fact Sheet N.2, September 2005.
  35. Sasser, J. N. (1979). Economic importance of Meloidogyne in tropical countries. In: Lamberti, F & Taylor, C.E (Eds). Root-knot nematodes (Meloidogyne species) systematic, Biology and control. London, Academic press: 359-374.
  36. Seinhorst, J. W. (1950). De betekenis van de toestand von de grond voor het optreden van aanstasting door het stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filipjev). *Tijdschr. Pl. Ziekt.* 56: 291-549.
  37. Seinhorst, J. W. (1962). Modifications of the elutriation method for extracting nématodes from soil. *Nematologica*, 8: 117- 128.
  38. Sene, S. O., Tendeng, E., Diatte, M., Sylla, S., Labou, B., Diallo, A. W., & Diarra, K. (2020). Insecticide resistance in field populations of the tomato fruitworm, *Helicoverpa armigera*, from Senegal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(1), 181-191.
  39. Touré, B. K., Maïga, M. S., Dembélé, D., & Miloud, H. (2019). Determination of the genus *Meloidogyne* species and study of their impact on the market gardening in the area of Bamako, Mali. *African Journal of Agricultural Research*, 14(31), 1335-1340.
  40. Yue, M., Ziji, L., Zhenmu, C., & Jie, Z. (2021). Disease-resistant Mechanism of Pepper against Root-Knot Nematode (*Meloidogyne* spp.). *Plant Diseases and Pests*, 12(1), 1-3.
  41. Zeck, W. M. (1971). A rating scheme for field evaluation of root-knot nematodes infestations. *Pflanzen-Nachricht.Bayer Ag.*, 24: 141-144.



## Platelets and Inflammation: Relations between Platelet Counts and Markers of Inflammation

*Dr. Nirmay Sonar (MBBS)*

Capital Neurology and Sleep Medicine, Germantown MD, USA

*Dr. Varun Bafna (MBBS)*

Niramay Hospital and Shwaas Critical Care Centre, Dhule, India

*Dr. Priyamvada Singh (MBBS, MD)*

KIMS Hospital, Bangalore, India

*Dr. Iftikar Khadas (MBBS, MD)*

JSS Hospital, Mysuru, India

*Dr. Mansi Chavan (MBBS)*

Apollo Hospitals Group, India

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p108](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p108)

Submitted: 27 August 2021

Accepted: 02 October 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Sonar N., Bafna V., Singh P., Khadas I. & Chavan M. (2021). *Platelets and Inflammation : Relations between Platelet Counts and Markers of Inflammation*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 108.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p108>

### Abstract

Platelets, or thrombocytes are small non-nucleated cells that are primarily responsible for the formation of the platelet plug, and consequently in primary hemostasis. However, their role is not limited only to a response to cell injury, but they also respond to systemic inflammation. Due to factors such as a shared lineage with other cells of the blood, recent studies showing the molecular expression of immune modulators on platelets, and the release of inflammatory molecules leading to chemoattraction by responder molecules. These implications may also go deeper into the pathogenesis of cancers in the human body, and quantification of that relation, platelets with inflammation, is the aim of the study.

**Keywords:** Platelets, Inflammation, Hematology, Oncology, Signaling

## Aim

To evaluate the changes in platelet counts with respect to inflammation in systemic inflammatory states, and mount a correlational analysis showing quantitative estimation of changes in platelet values. In this study, based on the inflammatory markers recorded, a scatter plot will be charted, with linear trendlines, and correlational analysis showing results of white blood cell (WBC) counts with platelets, as well as Vitals such as Temperature (*suggestive of fever or hypothermia*), Pulse (*suggestive of tachycardia, or bradycardia*), and Respiratory rate with platelets. Additionally, this article will also be reporting the prevalence of Abnormal platelet counts in the presence of inflammation.

## Materials and Methods

Patients coming to the outpatient department (the office), as well as those admitted in the hospital were selected. A total of 377 patients were selected to be the sample size. The following details were collected from the patients. Patient information was limited to initials, vitals such as temperature, pulse, respiratory rate, white cell count, and platelet count. Inflammation presence was based on the presence of the Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS) Criteria. This was chosen to be the primary inclusion criteria.

## Results

A total of 413 patient forms were obtained, however, some patients would not fulfill the SIRS criteria, and thus, 377 patients' data was finalized for further analysis.

Title	Data	Comments
Total number of patients	413	
Actual sample size	377	
% of patients fulfilling SIRS criteria	91.28%	These are out of the 413 that were selected.
Correlation of white blood cells with Platelets		White blood cells (x) with Platelets (y)
R	0.42	at p value <0.001
R <sup>2</sup>	0.17	
Correlation of Temperature with Platelets		
R	-0.08	at p value 0.16 (not significant)
R <sup>2</sup>	0.004	
Correlation of Pulse with Platelets		Pulse rate (x) with Platelets (y)
R	-0.06	
R <sup>2</sup>	0.003	at p value 0.25 (not significant)
Correlation of Respiratory Rate(RR) with Platelets		RR (x) and Platelets (y)

R	0.06	at p value 0.24 (not significant)
R <sup>2</sup>	0.001	
Total number of patients who had high platelet counts	75	
Prevalence of High Platelet Count in inflammation	19.89%	Inflammation refers to SIRS positive patients

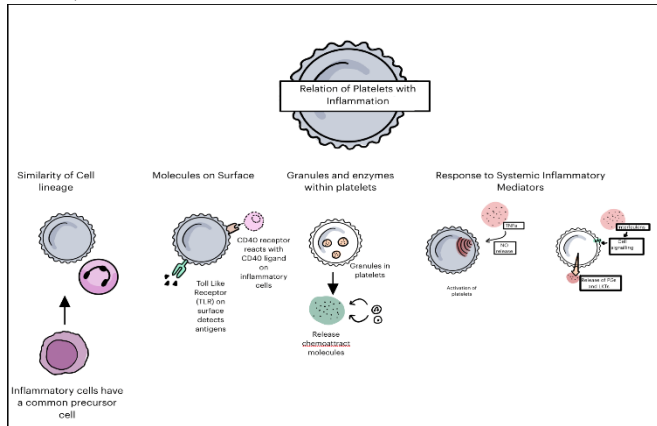
In the background of inflammation, a weak positive correlation between the platelet counts and white blood cells exists ( $r=0.42$ ), which was statistically significant. The prevalence of elevated platelet counts in inflammation (SIRS criteria positive patients) was 19.89%. The relationship of Temperature, Pulse and Respiratory Rate was not found to be statistically significant.

### Introduction

Inflammation can be looked at as an active state of the body. It is a state where the body actively enhances expression of proteins, and certain molecules which are the pro-inflammatory markers, to modulate and counter an foreign substance. Robbins and Cotran's pathology defines inflammation as a response of vascularized tissue to infection and damaged tissue (Ferrero-Miliani, L. et al., 2006). So essentially, we have a state on exposure to these molecules, pathogen or damage associated (in some literature, they are termed as PAMP and DAMP), which our body responds to by releasing certain markers (predominantly the tumor necrosis factor-alpha (TNF-alpha)), the march of cells such as white blood cells and changes in clinical parameters such as temperature, pulse and respiration (Levy, M. et al., 2003) Platelets, or thrombocytes are non-nucleated cells that are historically, and primarily known for hemostasis, and thrombosis. They number around 150,000 to 350,000 per microliter of blood. Platelets contain various granules, and arrays for synthesizing inflammatory molecules, which are the primary reason for their activity (Sonmez, O., & Sonmez, M., 2017). Now the question arises, is how do platelets act in inflammation?

There are multiple theories acting on this, such as the cell lines of inflammatory cells, such as white blood cells and platelets are of a common origin (McDonald, T. P., & Sullivan, P. S., 1993). So when inflammatory processes demand the body to increase the production of white cells, it can be expected that platelets may also rise. In fact, in animals such as fishes and birds, platelets directly play a central role in inflammation (Levin, J., no date). Furthermore, platelets express on their surface Toll-like-Receptor (TLR) molecules, which are directly involved in the detection of an antigen (Clemetson, K.J., 2009). This action means platelets can behave like sentinels, or first responders to the presence of an inflammatory agent.

Platelet granules contain and release chemoattractants, platelets also express adhesion molecules such as selectins, and CD-40 receptors (Henn, V. et al.,1998), which cause interactions of platelets with the inflammatory cells, thus mounting an inflammatory response. Activated vascular endothelium, in response to TNF-alpha, releases Nitric Oxide (NO), which stimulates the generation, and activation of platelets (Nathan, C., 2002)(Yamamoto, K, et al., 1999). And finally, when activated by Interleukins like IL-1, IL-1B, and IL-6, gene expression through NF-KB, leading to transcription of inflammatory genes, and translation of eicosanoids like prostaglandins and leukotrienes (Gawaz, M., 2005)



*Fig 1. Relation of Platelets with Inflammation*

The final question arises of how to link the two entities (platelets, and inflammation) together. The major issue here is, how can it be said that an inflammatory process is there? Going back to the definition, it is extremely non-specific. The concept of inflammation is a generalized, non-specific response to an invading molecular pattern, in order to mount a versatile defense action. So a very nonspecific, but highly sensitive criteria (Vincent, L. et al., 2013), which was the Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS) Criteria was used. SIRS criteria was historically used for sepsis, but it's use in sepsis has faded (Boka, K., 2021), but its fundamental value in identifying an inflammatory state remains the same. This includes the recording of vitals, such as temperature, pulse and respiratory rate, with lab findings of white cell counts. Due to patients being readily given analgesics and antipyretics, fever alone cannot be seen as a sign of inflammation. Therefore, this criteria can be used, with its sensitivity being a sentinel to rule out the absence of inflammation.

The multi-faceted ways by which platelets are involved in inflammation, leads to believe there must be some correlation clinically of these theories (Chakraborty, R.K. et al., 2021). So what is looked for is a relative rise or fall, a change in the value of platelets based on the presence of

inflammation. The logical sequence should be that when there is an excess of said inflammatory products and cells, the platelet counts should be changing, whether they cross the threshold or not. The various amounts of targets that are provided here, from gene expression, to surface molecules, have immense potential for development of biologicals to target therapy against a variety of states, such as infections, chronic inflammatory states, autoimmune conditions, and neoplastic states (Franco, A., et. al, 2015).

## **Aim and Objectives**

### **Aim**

To find and quantify the changes in platelet count with respect to inflammatory markers.

### **Objectives**

Correlation of values of Temperature, Pulse, Respiratory Rate, and white cell count with Platelet counts. A secondary objective of prevalence of raised platelets in SIRS positive state (state of inflammation) is added.

### **Methodology**

Permission and clearance from the ethical committee was obtained prior to the conduct of this study.

**Type of study:** Question-form based, observational study.

**Site of study:** Office (outpatient department), Wards (inpatient department) and Intensive Care Units (ICUs).

**Study Participants:** Patients in Hospital (Hospital name is not disclosed for privacy reasons)

**Study duration:** 6 months

**Sample size:** 377 (minimum) [Based upon prevalence of 33% - 50%, 95% confidence interval with 5% margin of error].

### **Inclusion Criteria**

Males and Females above the age of 18 who were willing to give consent were chosen.

### **Exclusion criteria**

Patients not willing to participate or give informed consent/assent. Patients having diseases that falsely elevate platelets, such as Mixed

Cryoglobulinemia, Acute Leukemias (such as APL), or any myeloproliferative disorders. Patients with Thalassemias, and Hemolytic anemias are excluded from analysis (Bleeker, S., & Hogan, J., 2011). Pediatric age groups below 18 years of age were excluded, as children tend to have a higher heart rate and respiratory rate, therefore, falsely qualifying positive for the SIRS criteria, even when they may be completely normal (Fleming, S. et al., 2011). Also, pregnant females, and those who are postpartum up to 6 weeks are excluded, due to volume expansion, and physiological changes driving changes in cell counts (Shehata, N. et al, 1999).

### **Materials Used**

**Google Form:** A Google Form recording the following data was created, and extrapolated into a spreadsheet. Patient details were limited only to the name in initial format, as a measure to protect the patient's privacy.

The data recorded were Temperature of the Patient in degrees Fahrenheit, Pulse of Patient in Beats per minute, Respiratory Rate of Patient in respirations per minute, white blood cell Count (WBC) of the patient sent as per criteria in thousands per mL (the criteria refers to a standard aseptic precaution based procedure, with sample collection in a EDTA tube (for all CBC measurements)) and Platelet Count of the patient sent as per criteria. After this, a question for the Experimenting Physician : *Are two or more out of four criteria deranged? (Is SIRS criteria met?)*. Finally, a question for the Patient : *I can confirm that I have been explained the purpose, the information collected for this experiment. I hereby authorize these individuals to collect, and analyze my data for educational purposes.*

### **Procedure**

Permission from the Institutional Ethics Committee was obtained. The procedures followed were in accordance with the ethical standards of the committee on human experimentation and with the Declaration of Helsinki, adopted by the 18th World Medical Assembly, revised in October 2008. After obtaining ethical committee and authority's permission, patients were approached during their visit in the office, or after rounds in the hospital wards and the intensive care unit (ICU). The purpose of study and instructions for filling the form will be explained and informed consent was obtained. Eligible patients were asked the respective questions, and file record or the EMR was used to obtain results after permission from the patient. Based upon the responses from the form, further evaluation was carried out to find whether they met the SIRS criteria.



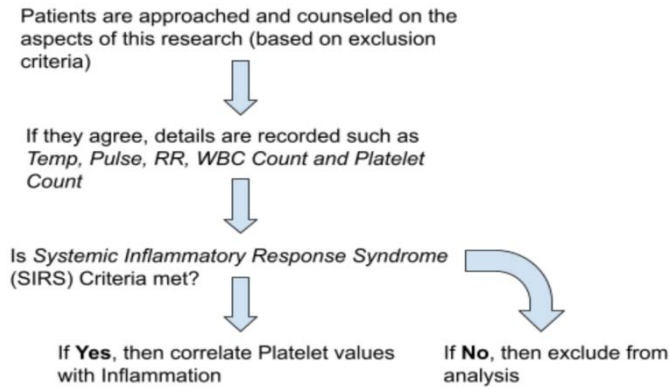


Fig. 2. Simplified Diagram on our Approach Protocol

### ***The Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS) diagnostic criteria***

This table compares the diagnostic criterion with the questions used in the forms.

**Temperature** >100.4 deg Fahrenheit (>38 deg Celsius) or <96.8 deg Fahrenheit (<36 deg Celsius), **Heart Rate or Pulse** >90 beats per minute, **Respiratory Rate** >22 respirations per minute or arterial pressure of carbon dioxide less than 32 mm of Hg, and **White blood cell Count (WBC)** > 12,000 per cubic milliliter, <4,000 per cubic milliliter or > 10% bands (Bone, C. et al., 1992).

Patients who fulfilled **two or more** of the SIRS diagnostic criteria for sepsis or severe sepsis will be rated as having significant inflammation, and chosen for further analysis (Levy, M. et al., 2003).

### **Statistical Analysis**

Data was entered in Microsoft Excel and will be statistically analyzed using PSPP. Linear regression with trendlines are set for each of the 4 criteria as they are compared with the Platelet values.

### **Resources Attached**

For the congruence of our research, and to maintain transparency, the documents, such as the Google Form and Raw data are available.

### **Implications of the Study**

To put forth and understand the concepts of platelets as inflammatory molecules, and to shine a light on the non-thrombotic roles of platelets. Real world applications, such as potential targets for inflammatory states or neoplastic states could be identified, even though hypothetical. Analysis of values of routinely used parameters, such as white cell counts, temperature and more, in relation to platelets. And finally, Quantification of the

forementioned analysis allows a deeper understanding of the platelet count trends with inflammation.

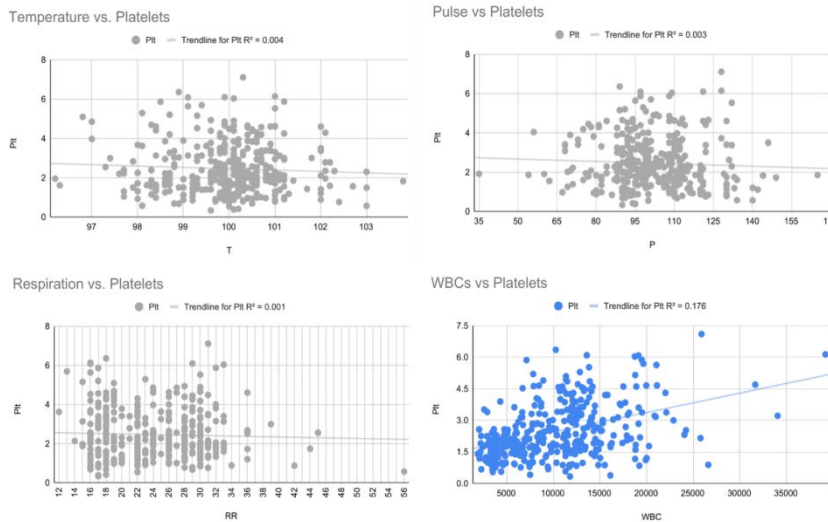
## **Discussion**

The first part of the discussion involves how patients were analyzed. Patients were basically screened by the diagnosis made, which was available to the physicians during pre-rounds time. Due to the overwhelming presence of the COVID-19 outbreak during this time, it was relatively easier to find patients with inflammation, here screened by the SIRS criteria in the wards and the ICUs. To some degree, approaching patients with '-itis' in their diagnosis, the researchers could narrow down the patients that we needed to approach. This does not always translate to inflammation, but was a guide to selecting patients.

The criteria's extremely non-specific nature was appreciated when upon analysis, it was noted that clinical parameters such as temp, pulse and resp rate do not synchronously rise with each other or with the WBC counts. Some patients were clinically not performing well, but had normal WBC counts. This multi-faceted approach eliminated the bias which a single measurement could create. Now, there is a rule called the Leibermeister's rule, which states that temperature, pulse and respiration all follow increments together. However, since multiple sources vary with the ratios of the three, and clinically, there are too many variations for this to happen. For example, patients may be anxious to see the doctors, which may raise their pulse rate. Alternatively, a patient may be on round-the-clock antipyretics, such as acetaminophen (paracetamol), which continually provides an afebrile state or low fever state. To minimize these effects, or to standardize the results, a decision was made to take all vitals during pre-round times, when blood samples were sent.

The next part of the discussion was the validity and quality control of the measurements taken. For these a 3-tier approach was taken. The first tier were the most standardized results, which would be the platelet count and white cell count. These would be least subject to bias and clinical or subjective errors. The next tier includes pulse and temperature. These are relatively objective, with pulse can be taken by a pulse oximetry or manually, and temperature readings by various thermometers. The multiple ways, however, mean that they cannot be standardized really, as physicians will have different preferences. The last tier includes respiratory rate, which is the most subjective, and most prone to error. In fact, due to the subjective nature, we decided to mainly focus on white cell count vs platelet count. Now remember, this white cell count is in a background of inflammation only, as we have screened through the SIRS criteria for all said values.

The figures here show the significant result of white blood cells with platelet values, and a linear trend is observed. The other comparisons, being statistically insignificant, are grayed out.



**Figure 3.** The Relationship of SIRS Markers with Platelet Counts

Compared to the theoretical part, which should have led to all parameters rising, the experiment's results yield a different result. Due to this, the researchers realized that some questions remained unanswered. The theory that inflammatory cells share the same lineage, but why do they not follow a perfect correlation? Why are there variations in the amount of platelet release? Another question came up was, how differently do platelets behave in acute and chronic inflammation? Is there a time gap, or a specific period after which the genesis of platelets begins? The team also notes that the clinical criteria, such as temperature, pulse, and respiration yielded non-significant results. It seems that either the clinical recording may be flawed, for example the calculation of respiratory rate may have subjective inter-observer variations or external factors play a big role in changing their values.

These questions are only the seeds to further research venues, as our team uncovers more facts and data about the relation of platelets in inflammation.

## Conclusion

The data here showed only one objective parameter (white blood cells) rising with platelet counts, with a weak positive correlation, in the background of inflammation. With supporting theories from recent years, that platelets are involved in some way, in the process of inflammation. The various pathways of thrombocytes in inflammation were followed. A generalized topic such as inflammation, which is a part of all medical disciplines, is quantified here,

with respect to the changes in platelet values. By comparing the values of the clinically relevant, and routinely used criteria, the strength of these parameters makes our understanding deeper into the molecular pathogenesis of inflammation. This has clinical applications varying from potential prevention of chronic diseases such as atherosclerosis, to identifying novel treatments to delay the progression of cancers.

### Acknowledgements

Our sincere gratitude extends to all the patients, who have participated in this study. We wish them luck for their future endeavors. We also thank our hospital, and the reader for giving their time to our study.

### References:

1. Ferrero-Miliani L, Nielsen OH, Andersen PS, Girardin SE. Chronic inflammation: importance of NOD2 and NALP3 in interleukin-1beta generation. *Clin Exp Immunol*. 2007 Feb;147(2):227-35. doi: 10.1111/j.1365-2249.2006.03261.x. PMID: 17223962; PMCID: PMC1810472
2. Levy, M. M., Fink, M. P., Marshall, J. C., Abraham, E., Angus, D., Cook, D., Cohen, J., Opal, S. M., Vincent, J. L., & Ramsay, G. (2003a). 2001 SCCM/ESICM/ACCP/ATS/SIS International Sepsis Definitions Conference. *Critical Care Medicine*, 31(4), 1250–1256. <https://doi.org/10.1097/01.ccm.0000050454.01978.3b>
3. Sonmez, O., & Sonmez, M. (2017). Role of platelets in immune system and inflammation. *Porto Biomedical Journal*, 2(6), 311–314. <https://doi.org/10.1016/j.pbj.2017.05.005>
4. McDonald, T. P., & Sullivan, P. S. (1993). Megakaryocytic and erythrocytic cell lines share a common precursor cell. *Experimental hematology*, 21(10), 1316–1320.
5. Levin J. The evolution of mammalian platelets. In: Michelson AD, editor. *Platelets*. Third edition. San Diego: Elsevier/Academic Press, 2013:3-25.
6. Clemetson, K. J. (2009). Platelets and pathogens. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 67(4), 495–498. <https://doi.org/10.1007/s00018-009-0204-2>
7. Henn, V., Slupsky, J. R., Gräfe, M., Anagnostopoulos, I., Förster, R., Müller-Berghaus, G., & Kroczeck, R. A. (1998). CD40 ligand on activated platelets triggers an inflammatory reaction of endothelial cells. *Nature*, 391(6667), 591–594. <https://doi.org/10.1038/35393>
8. Nathan, C. (2002). Points of control in inflammation. *Nature*, 420(6917), 846–852. <https://doi.org/10.1038/nature01320>

9. Yamamoto, K., Shimokawa, T., Kojima, T., Loskutoff, D. J., & Saito, H. (1999). Regulation of murine protein C gene expression in vivo: effects of tumor necrosis factor-alpha, interleukin-1, and transforming growth factor-beta. *Thrombosis and haemostasis*, 82(4), 1297–1301.
10. Gawaz, M. (2005). Platelets in inflammation and atherogenesis. *Journal of Clinical Investigation*, 115(12), 3378–3384.  
<https://doi.org/10.1172/jci27196>
11. Vincent, J. L., Opal, S. M., Marshall, J. C., & Tracey, K. J. (2013). Sepsis definitions: time for change. *The Lancet*, 381(9868), 774–775.  
[https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(12\)61815-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(12)61815-7)
12. Boka, K. (2021, April 2). *Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS): Background, Pathophysiology, Etiology*. Medscape.  
<https://emedicine.medscape.com/article/168943-overview>
13. Chakraborty RK, Burns B. Systemic Inflammatory Response Syndrome. [Updated 2021 Mar 1]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK547669/>
14. Franco, A. T., Corken, A., & Ware, J. (2015a). Platelets at the interface of thrombosis, inflammation, and cancer. *Blood*, 126(5), 582–588.  
<https://doi.org/10.1182/blood-2014-08-531582>
15. Bleeker, J. S., & Hogan, W. J. (2011). Thrombocytosis: Diagnostic Evaluation, Thrombotic Risk Stratification, and Risk-Based Management Strategies. *Thrombosis*, 2011, 1–16.  
<https://doi.org/10.1155/2011/536062>
16. Fleming, S., Thompson, M., Stevens, R., Heneghan, C., Plüddemann, A., Maconochie, I., Tarassenko, L., & Mant, D. (2011). Normal ranges of heart rate and respiratory rate in children from birth to 18 years of age: a systematic review of observational studies. *The Lancet*, 377(9770), 1011–1018.  
[https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(10\)62226-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(10)62226-x)
17. SHEHATA, N., BURROWS, R., & KELTON, J. G. (1999). Gestational Thrombocytopenia. *Clinical Obstetrics and Gynecology*, 42(2), 327–334. <https://doi.org/10.1097/00003081-199906000-00017>
18. Bone, R. C., Balk, R. A., Cerra, F. B., Dellinger, R. P., Fein, A. M., Knaus, W. A., Schein, R. M., & Sibbald, W. J. (1992). Definitions for Sepsis and Organ Failure and Guidelines for the Use of Innovative Therapies in Sepsis. *Chest*, 101(6), 1644–1655.  
<https://doi.org/10.1378/chest.101.6.1644>.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Evaluation de L'entomophagie dans Quatre Grandes Villes de Côte d'Ivoire

*Boko Adjoua Christiane Eunice*

Doctorante en Biochimie et Nutrition à l'Université Jean Lorougnon Guédé,  
Côte d'Ivoire

*Angaman Djédoux Maxime*

Enseignant-Chercheur en Biochimie à l'Université Jean Lorougnon Guédé,  
Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p119](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p119)

Submitted: 28 August 2021

Accepted: 14 October 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Boko A.C.E., Angaman D. M.,(2021). Evaluation de L'entomophagie dans Quatre Grandes Villes de Côte d'Ivoire. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p119>

### Résumé

L'entomophagie qui consiste à la consommation des insectes par l'Homme n'est pas un phénomène inaccoutumé. Elle est impulsée aujourd'hui par la FAO comme étant une source alternative durable de protéine animale pour la consommation humaine à cause de la forte croissance de la population mondiale d'ici à 2050 qui atteindra les 9 milliards d'habitants. Cependant, elle fait face à de nombreuses contraintes dues au manque d'information du secteur. Ainsi, dans l'intérêt de lever tout équivoque sur l'entomophagie, cette étude fut menée et dont l'objectif était d'identifier les différents types d'insectes et les stéréotypes liés à la consommation pour une meilleure valorisation afin de lutter contre l'insécurité alimentaire en Côte d'Ivoire. A cet effet, une enquête de terrain pilotée dans 4 villes différentes (Daloa, Man, Bouaké, Korhogo) auprès de la population a permis de mettre en lumière les freins et les motivations de sa consommation en Côte d'Ivoire. En effet, 1806 personnes ont été interrogées et il en ressort que 60,46% sont entomophages et sont constitués de personnes de tout âge, de toutes les professions. La consommation de ces insectes était fortement motivée par l'arôme (38%). Par ailleurs, l'indisponibilité (42,51%), l'aspect (37%) et ajoutés à la méconnaissance (12%) sont autant de facteurs limitant la pratique de l'entomophagie en Côte d'Ivoire. A l'état actuel, 11 espèces sont identifiées comme comestibles dont la plus prisée est la larve du Rhynchophorus

phoenicis et la plus consommée le termite ailé *Macrotermes subhyalinus* du fait de sa plus grande disponibilité.

---

**Mots clés:** Enquête, Insectes, Entomophagie, Côte d'Ivoire

## **Assessment of Entomophagy in Four Major Cities of Côte d'Ivoire**

*Boko Adjoua Christiane Eunice*

Doctorante en Biochimie et Nutrition à l'Université Jean Lorougnon Guédé,  
Côte d'Ivoire

*Angaman Djédoux Maxime*

Enseignant-Chercheur en Biochimie à l'Université Jean Lorougnon Guédé,  
Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

Entomophagy which consists in the consumption of insects by humans is not an unusual phenomenon. It is promoted today by the FAO as a sustainable alternative source of animal protein for human consumption because of the strong growth of the world population by 2050 which will reach 9 billion inhabitants. However, it faces many constraints due to the lack of information in the sector. Thus, in the interest of clearing up any ambiguity on entomophagy, this study was carried out, the objective of which was to identify the different types of insects and the stereotypes linked to consumption for a better valuation in order to fight against the food insecurity in Côte d'Ivoire. To this end, a field survey piloted in 4 different towns (Daloa, Man, Bouaké, Korhogo) among the population shed light on the obstacles and motivations for their consumption in Côte d'Ivoire. Indeed, 1806 people were interviewed and it emerged that 60.46% are entomophagous made up of people of all ages, from all professions. Consumption of these insects was strongly motivated by aroma (38%). In addition, unavailability (42.51%), appearance (37%) and added to ignorance (12%) are all factors limiting the practice of entomophagy in Côte d'Ivoire. At present, 11 species are identified as edible, the most popular of which is the larva of *Rhynchophorus phoenicis* and the most consumed is the winged termite *Macrotermes subhyalinus* due to its greater availability.

---

**Keywords:** Field Survey, Insects, Entomophagy, Côte d'Ivoire



## Introduction

La consommation d'insectes par les êtres humains est ancestrale, on observe de par le monde un grand nombre de peuples adeptes de l'entomophagie (van Huis, 2013). Plus de 300 peuples se nourrissent couramment d'insectes (Johnson, 2010). Dans certains cas les insectes sont consommés comme une nourriture en situation de pénurie alimentaire d'autre comme spécialité (Monzenga Lokela, 2015). Ainsi près 1500 à 2000 espèces d'insectes comestibles sont inventoriées dans plus de 113 pays dans le monde (Malaisse, 2003).

En Afrique, l'entomophagie est pratiquée dans de nombreuses régions comme un héritage traditionnel (Christensen *et al.*, 2006 ; Hoare, 2007). Les études sur les insectes comestibles africains ont commencé avant le XX<sup>e</sup> siècle (DeFoliart, 2002). Le nombre exact d'insectes comestibles présente des disparités d'une étude à une autre. Les auteurs van Huis *et al.* (2003) ont signalé 246 espèces d'insectes comestibles de 27 pays d'Afrique. Plus tard, Ramos-Elorduy (2005) a noté que l'Afrique abrite une des plus importantes biodiversités d'insectes comestibles dans le monde avec 524 espèces signalées dans 34 pays africains. Ces espèces représentent une source alternative de nourriture surtout pendant les périodes de saisons pluvieuses lorsque la chasse aux gibiers ou la pêche deviennent problématiques (van Huis *et al.*, 2013). Il a été établi que les chenilles et les termites sont les insectes les plus consommés et commercialisés en Afrique. Cependant, de nombreuses autres espèces sont localement plus importantes pour des raisons économiques, écologiques ou nutritionnelles.

En Côte d'Ivoire, la consommation d'insectes est une pratique existante avec des taux de consommation variant d'une localité à une autre. L'étude d'Ehounou *et al.* (2017) estime à 59,72% le taux de consommation d'insectes à Abidjan (Côte d'Ivoire). Aussi Boko *et al.* (2020) ont enregistré un taux de 63,7% de consommation pour la ville de Man. L'étude de l'entomophagie en Côte d'Ivoire a permis de répertorier neuf espèces comestibles regroupées en cinq ordres. Les insectes identifiés sont généralement consommés secs, en grillade, en sauce ou frit (Niaba, 2014 ; Boko *et al.*, 2020). Ces insectes ont fait l'objet de plusieurs études nutritionnelles (Foua Bi *et al.*, 2015 ; Assielou *et al.*, 2015 ; Koffi *et al.*, 2017). Il est bien de noter que la disponibilité des insectes est très saisonnière et très peu d'études font mention de l'état de l'entomophagie en Côte d'Ivoire. C'est dans cette optique que cette étude est entreprise pour actualiser les informations sur l'entomophagie en Côte d'Ivoire.



## 1. Matériel et Méthodes

### 1.1. Zones d'étude

Pour l'enquête sur le terrain, 4 zones d'étude ont été identifiées à savoir Daloa, Bouaké, Man et Korhogo (Figure 1). Ces villes ont été choisies en fonction de la gravité de la malnutrition mais aussi du taux et de la diversité de la population (RGPH, 2014). En effet, les villes de Bouaké et Daloa représentent respectivement les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> villes de Côte d'Ivoire (RGPH, 2014). Également, la région de Korhogo a une prévalence de malnutrition (plus de 40%) considérée comme critique (Koffi *et al.*, 2009). Situées au Centre, au Centre-Ouest, à l'Ouest, au Nord de la Côte d'Ivoire, les villes de Bouaké, Daloa, Man et Korhogo accueillent de nombreuses populations de toutes les régions du pays aux langues vernaculaires telles que le Malinké, le Yacouba, le Bété qui représentent les peuples qui commercialisent le plus les insectes (Ehounou *et al.*, 2017).

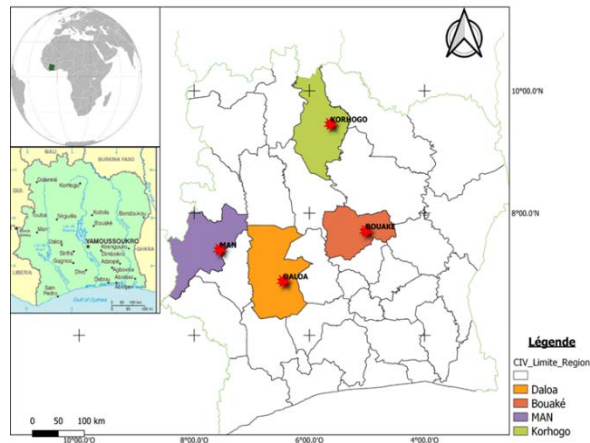


Figure 1. Zones enquêtées pour la détermination de l'entomophagie

### 1.2. Matériel

Le matériel d'échantillonnage est composé d'un appareil numérique pour la prise de vues des différentes espèces d'insectes, des bocaux stériles pour la collecte des différents échantillons et une glacière contenant de la glace pour transporter les échantillons. Les fiches d'enquête préalablement établies ont été utilisées pour la collecte d'informations lors de l'enquête.

### 1.3. Méthodes

L'enquête s'est déroulée dans quatre grandes villes de la Côte d'Ivoire à savoir Korhogo, Bouaké Daloa et Man. Cette enquête a été initiée pour évaluer entre autres le niveau de consommation des insectes dans le pays mais aussi pour connaître les espèces consommées, le mode de consommation, les facteurs motivants ou limitants ainsi que l'avenir de cette pratique. Elle a débuté dans le mois de Juillet 2018 et a pris fin en Février 2019 soit une durée

de 8 mois. Il s'agit d'une enquête de terrain notamment auprès des différentes personnes ressources (commerçants, consommateurs, agriculteurs, etc.). A cet effet un questionnaire à la fois ouvert et fermé avait été établi selon le modèle de Balinga *et al.* (2004) et soumis aux répondants. Pour ce faire, les personnes enquêtées étaient choisies de façon aléatoire au fur et à mesure qu'elles étaient rencontrées. Elles ont été des deux sexes et de toutes les couches sociales. Les entretiens ont été conduits individuellement en français en général et dans une langue locale avec l'appui d'un interprète le cas échéant. En plus du questionnaire, un GPS a été utilisé pour enregistrer les coordonnées géographiques de chaque localité échantillonnée.

#### **1.4. Analyse statistique**

Les données brutes de l'enquête ont été dépouillées avec le logiciel Sphinx Plus<sup>2</sup> V5, exportées dans le tableur Excel (pack Microsoft office 2016) et traitées avec le logiciel statistique R 4.1.0 dans Rstudio (<http://www.rstudio.com> ; <http://www.R-project.org/>) (R core team, 2021). Les statistiques inférentielle et descriptive, grâce aux packages questionr, gtsummary, ggplot2 ont permis de générer les tableaux de contingences, les boîtes à moustaches, les camemberts, et les histogrammes afin de ressortir les informations essentielles selon l'objectif initial de la présente étude. L'indépendance des variables a été réalisée à partir du test de  $\chi^2$ . De plus les résidus de  $\chi^2$  de Pearson ont permis de montrer avec précision les proportions affectées par les différences significatives. Au niveau des tableaux de contingence, il n'y a aucune différence significative (cases blanches) entre les proportions par contre dans les cases colorées la dépendance a été prouvée lorsque la case est en bleu ou plus précisément lorsque le résidus de  $\chi^2$  est  $>2$ .

## **2. Résultats**

### **2.1. Caractéristiques socio-démographiques des populations enquêtées**

Il ressort de la présente enquête que le sondage mené a rejoint des répondants de divers groupes socio-démographiques. Au total 1806 personnes ont été interviewées dans 4 villes dont 501 (27,7%) à Bouaké, 576 (32,1%) à Korhogo, 574 (31,8%) à Daloa et 152 (8,4%) à Man. L'ensemble de la population enquêtée était constitué de 46,2% de femmes et 53,8% d'hommes.

Aussi, l'observation de la répartition des âges des répondants montre-t-elle que la majorité des répondants est comprise dans la tranche d'âge de [19-35ans] soit 67% (Figure 2). Cette représentation était aussi observée au niveau de la distribution des âges en fonction des villes enquêtées (Figure 3).

Toutefois, le pourcentage restant était reparti entre les autres classes, 15% pour [36-50 ans] ; 13% pour moins de 18 ans et 4,6% pour 50 ans et plus.

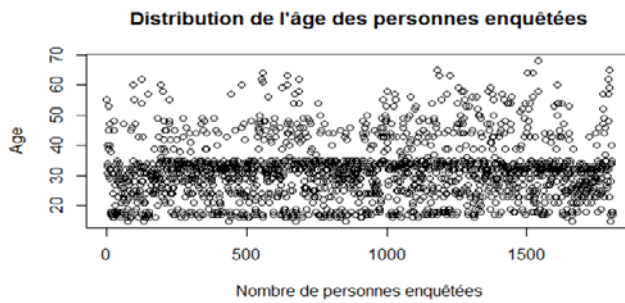


Figure 2. Distribution de l'âge des personnes enquêtées

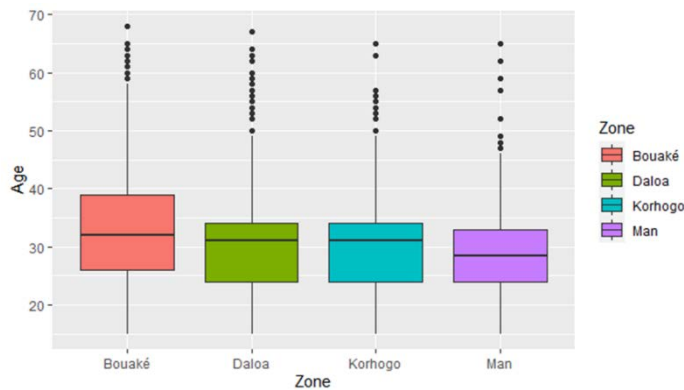


Figure 3. Distribution des âges des personnes enquêtées en fonction des villes (Bouaké, Daloa, Korhogo, Man)

Pour ce qui est de la situation professionnelle, une frange fulgurante des répondants est représentée par les élèves et étudiants (49%) à plein temps (Figure 4). Les autres parts sont constituées de commerçants (16%) et de sans-emplois (10%). Dans un même temps le niveau d'éducation enregistré (Figure 4) est subdivisé en 4 groupes dont 14 % d'analphabètes, 15% avec un niveau d'étude primaire, 35 % avec un niveau secondaire et 36 % avec un niveau supérieur. En ce qui concerne les groupes ethniques, les secteurs majoritairement observés étaient respectivement de 34% d'Akans ; 34% de Mandés et 20% de Voltaïques. Le pourcentage restant est affilié aux Krous (10 %) et Etrangers (1 %) (Figure 5).

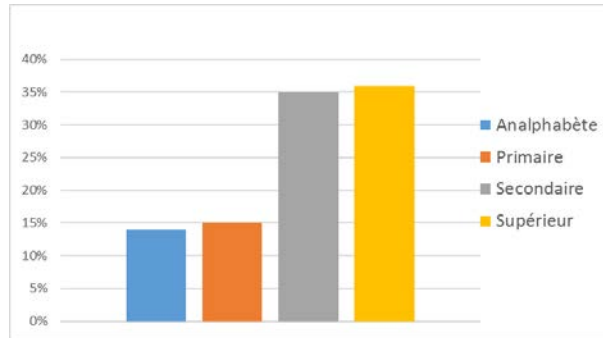


Figure 4. Histogramme du niveau d'éducation des personnes enquêtées

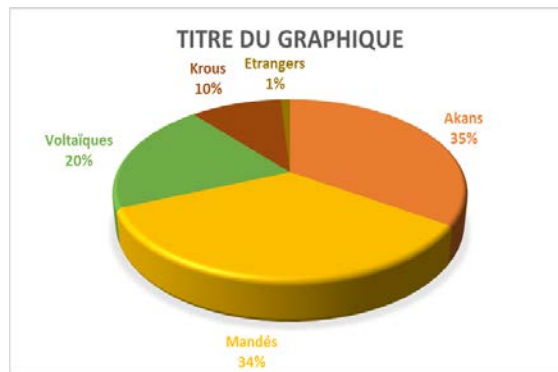
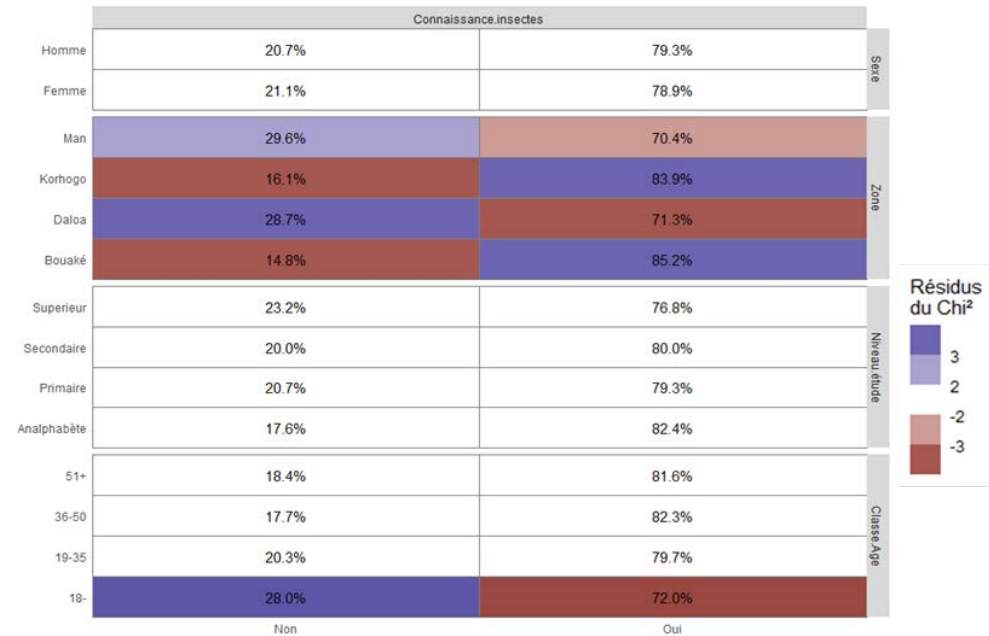


Figure 5. Diagramme de secteur des groupes ethniques représentés au cours de l'enquête sur l'entomophagie

## 2.2. Connaissance de l'entomophagie par la population dans les villes enquêtées

La réalisation de tableaux croisés dynamiques à l'aide des données du sondage à partir du logiciel R version 4.1.0 a permis de mettre en relief certaines caractéristiques : la connaissance en fonction du sexe, de la zone, du niveau d'étude et de la classe d'âge (Tableau I). Ainsi l'exploration générale des données nous indique que 79,12 % des enquêtés connaissent les insectes comestibles contre 20,88 % qui en témoignent le contraire. L'analyse du tableau de contingence de tri croisé présente une différence significative du taux de connaissance de l'entomophagie en fonction des villes ( $Khi^2 = 47,964$  ;  $df = 3$  ;  $p\text{-value} = 2,167.10^{-10}$ ). La population enquêtée à Bouaké a une connaissance plus élevée de l'entomophagie avec un taux de 85,5 % contre 83,9 % à Korhogo. Pour ces deux villes les résidus de  $khi^2$  des personnes connaissant les insectes sont supérieurs à 2 donc les effectifs sont plus élevés que ceux attendus d'où la surreprésentation de ces cases (bleu). Quant à Daloa et Man les proportions des personnes ne connaissant pas les insectes sont surreprésentées par rapport à celles attendues. Également, la connaissance des insectes était liée à la classe d'âge ( $khi^2 = 9,6156$  ;  $df = 3$  ;  $p\text{-value} = 0,02213$ ).

Les informations recueillies avec la tranche d'âge de 18 ans et moins ont montré une différence significative par rapport aux autres classes d'âge. En effet, le résidu de khi<sup>2</sup> est surreprésenté chez ceux qui ne connaissent pas les insectes. Cependant cette connaissance de l'entomophagie n'est significativement pas influencée par le sexe, la profession, le niveau d'étude (p-value > 0,05 et résidus de khi<sup>2</sup> compris entre -2 et 2).



**Tableau I.** Niveau de connaissance de l'entomophagie par la population enquêtée

Parmi les personnes ayant déjà sustentés les insectes, une proportion de 70,32% a déjà consommé contre 29,68% qui n'a jamais porter dans la bouche les insectes. Le test de Pearson's khi<sup>2</sup> montre que la zone (ville dans laquelle réside les enquêtés) influence les personnes qui ont déjà consommé les insectes (khi<sup>2</sup>= 87,99, df = 3, p-value < 2,2. 10<sup>-16</sup>), ainsi la plus grande influence a été constaté au niveau de la ville de Bouaké. Les populations de Daloa ont montré une forte propension à n'avoir jamais consommé les insectes. Aussi la classe d'âge de 18 ans et moins semble n'avoir jamais eu à pratiquer l'entomophagie (Tableau II).

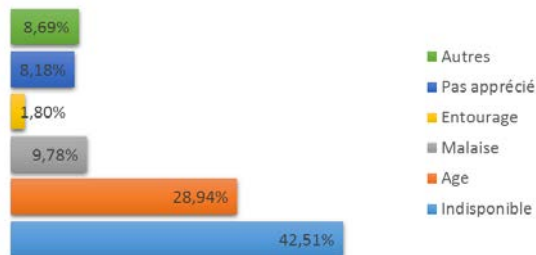
**Tableau II.** Niveau de consommation des insectes par les populations enquêtées

	Déjà consommé		
Homme	28.8%	71.2%	Sexe
Femme	30.7%	69.3%	
Man	32.2%	67.8%	Zone
Korhogo	28.2%	71.8%	
Daloa	38.3%	61.7%	
Bouaké	20.8%	79.2%	Niveau étude
Supérieur	31.3%	68.7%	
Secondaire	29.8%	70.2%	
Primaire	28.8%	71.2%	
Analphabète	26.4%	73.6%	Classe Age
51+	24.1%	75.9%	
36-50	27.7%	72.3%	
19-35	29.3%	70.7%	
18-	35.8%	64.2%	
	Non	Oui	

Résidus du Chi<sup>2</sup>

- 3
- 2
- 2
- 3

Pour ceux qui n'en consomment plus les principales raisons évoquées étaient entre autres l'indisponibilité des insectes (42,51%), l'âge (28,94%) et les malaises (9,78 %) ressentis après consommation (Figure 38). Les principaux malaises ressentis étaient les démangeaisons, la diarrhée et la nausée (Figure 39).



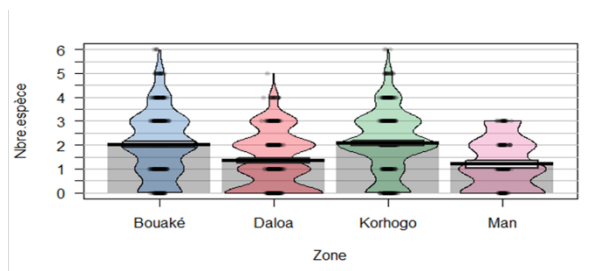
### Inventaire des espèces comestibles dans les villes enquêtées

L'inventaire dressé après dépouillement des résultats de l'enquête révèle que 11 espèces d'insectes appartenant à 5 Ordres distincts et 8 familles sont consommés (Tableau III). Les ordres des Lépidoptères et des Coléoptères sont les plus représentés avec respectivement 5 et 3 espèces répertoriées. L'application du test de Pearson's  $\chi^2$  montre que le nombre d'espèces comestibles est significativement lié à la zone enquêtée ( $\chi^2 = 162,09$  ;  $df = 18$  ;  $p\text{-value} < 2.2e-16$ ). Ainsi, une panoplie d'espèces a été citée dans la ville

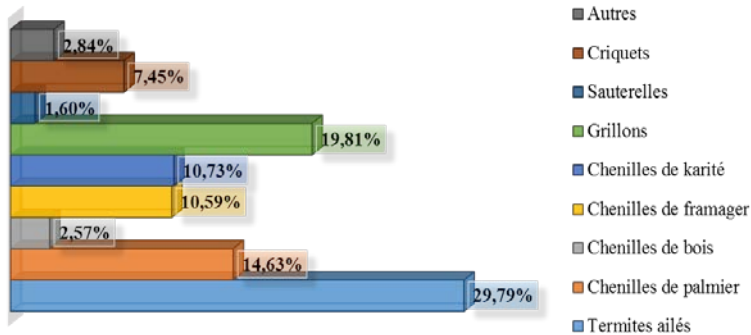
de Korhogo et Bouaké (Figure 6). Au niveau des différents secteurs, la proportion des espèces citées est plus importante chez les voltaïques et chez la tranche d'âges de 19-35 ans. Les espèces majoritairement consommées (Figure 7) sont les termites ailés *Macrotermes subhyalinus* (29,79%), les grillons *Acheta domesticus* (19,81%) et les chenilles du palmier *Rhynchophorus phoenicis* (14,63%). Ces espèces sont généralement consommées en grillade (40%) accompagnées de semoule de manioc « Attiéké, 39,5% ». Par contre, 20,32% des personnes enquêtées préfèrent les consommer sans accompagnement. Il est bien de noter que, tous les insectes consommés sont récoltés dans la nature et ne sont pas élevés pour la consommation.

**Tableau III.** Espèces comestibles en Côte d'Ivoire

Ordres	Familles	Espèces	Noms communs	Stade de consommation
Lépidoptères	Saturniidae	<i>Imbrasia oyemensis</i>	Chenille du fromager	Larve
		<i>Cirina butyrospermi</i>	Chenille du karité	Larve
		<i>Nudaurelia dione</i>		Larve
	Cossidae	<i>Cossus cossus</i>	Chenille de bois altéré	Larve
Coléoptères	Curculionidae	<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	Chenille de palmier	Larve et Adulte
		<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	Chenille de palmier	Larve et Adulte
	Dynastidae	<i>Oryctes owariensis</i>	Chenille du raphia	Larve
Isoptères	Macrotermitidae	<i>Macrotermes subhyalinus</i>	Termite ailé	Adulte
Orthoptères	Acrididae	<i>Zonocerus variégatus</i>	Criquet	Adulte
	Grillydae	<i>Acheta domesticus</i>	Grillon	Adulte
Hyménoptères	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Abeille	Larve



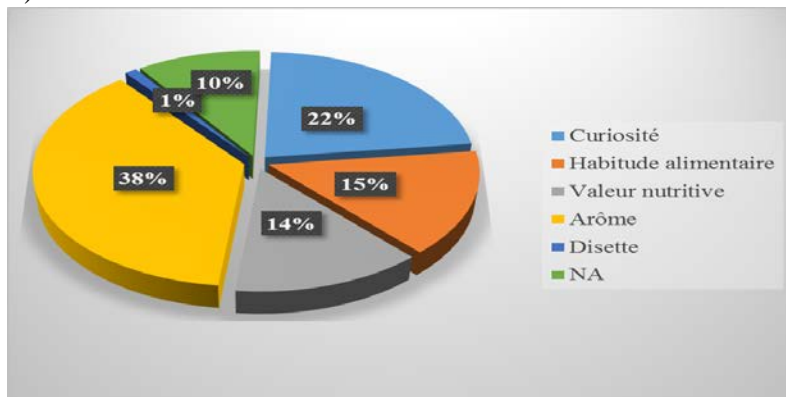
**Figure 6.** Nombre d'espèces consommées en fonction des zones enquêtées



**Figure 7.** Pourcentages des espèces consommées par les populations enquêtées

### 2.3. Facteurs motivant ou limitant la consommation des insectes.

L'enquête a révélé de multiples raisons motivant la consommation des insectes (Figure 8). La majorité des entomophages a été motivée par l'arôme (38%) et la curiosité (22%). Au total 15% ont consommé par habitude alimentaire et 14 % furent motivés par la connaissance de la valeur nutritive (protéines, lipides et vitamines). Uniquement, 1% a été contraint d'en consommer par le manque de nourriture (période de disette). Par contre en ce qui concerne les facteurs limitants la consommation (Figure 8), l'aspect des insectes était principalement énoncé par 37% des non-entomophages. Aussi 12 % ignoraient-ils leur consommation et encore 12% avaient évoqué la peur d'en consommer. L'habitude alimentaire (6 %) et le caractère nocif (2%) représentaient des facteurs minoritaires limitant la consommation des insectes (Figure 9).



**Figure 8 .** Sources de motivation à la consommation des insectes  
 NA= non précisé



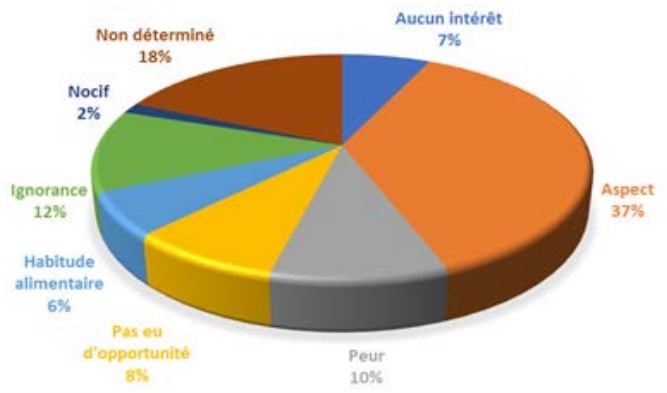


Figure 9. Facteurs limitants la consommation des insectes.

### 3. Discussion

#### 3.1. Evaluation de l'entomophagie et impact sociodémographique

L'entomophagie est une pratique existante en Côte d'Ivoire et représentée variablement dans tous les groupes ethniques. En effet, 60,46% des populations enquêtées sont toujours entomophages contre 70,32% qui ont déjà eu à consommer les insectes. Ce taux rejoint considérablement celui d'Ehounou *et al.* (2019) qui a obtenu un taux de 65,4% d'entomophages sur l'ensemble de la population enquêtée en Côte d'Ivoire. Aussi, Balinga *et al.* (2004) ont enregistré 65,8% d'entomophages au Cameroun. Aussi des proportions plus élevées ont-elles été enregistrées au Congo (85 %). En plus, il a été estimé que l'entomophagie est pratiquée dans au moins 113 pays en Afrique (Jongema, 2017), et les Nations Unies ont recommandé cette pratique comme solution potentielle à la pénurie de denrées alimentaires dans le monde (van Huis *et al.*, 2013).

Selon Sobal et Bisogni (2009), le système alimentaire de chaque groupe ethnique est établi sur la base de certains facteurs sociaux, économiques et environnementaux. Ceci pourrait expliquer la variation des taux d'un peuple à l'autre ou la variabilité des taux dans les zones enquêtées. Aussi, pour Cicatiello *et al.* (2016), les facteurs socio-démographiques jouent-ils un rôle important dans le choix de la pratique de l'entomophagie. Toutefois, cette étude révèle que le sexe, la profession et le niveau d'étude ne présentent aucune influence significative sur la pratique de l'entomophagie. Ces résultats sont contraires à ceux d'Anakware *et al.* (2017), Ehounou *et al.* (2019). Pour ces auteurs, les femmes, les enfants et les sans-emplois sont plus favorables à la consommation des insectes (Meyer-Rochow, 2009). Néanmoins, certains auteurs (Nonaka, 2005 ; Looy et Wood, 2006 ; Van Huis *et al.*, 2013) s'accordent sur le fait que l'éducation jouerait un rôle dans l'augmentation de l'attitude positive envers les insectes comestibles. Au total, 11 espèces appartenant à cinq ordres ont été identifiées comme comestibles en Côte

d'Ivoire. Ces résultats diffèrent de ceux d'Ehounou *et al.* (2019) par l'identification de l'espèce *Nudaurelia dione* mentionnée pour la première fois en Côte d'Ivoire comme insecte comestible. Cet insecte comestible a déjà été rapporté en Angola, en Afrique du sud et au Congo. Anankwa *et al.* (2016), Payne *et al.* (2016) ont quant à eux identifié 10 espèces pour le Ghana et la République Démocratique du Congo (RDC). Le Nigeria a enregistré un nombre plus élevé avec 17 espèces comestibles (Banjo *et al.*, 2006). Cependant, *Macrotermes subhyalinus* reste de loin l'espèce la plus consommée dans cette étude. Kelemu *et al.* (2015) ont aussi argué que les termites sont les plus consommés en Afrique australe. Pour Malaisse (2003), les termites sont les plus connus après les chenilles. Par contre, Au Burkina Faso, l'insecte le plus comestible est la chenille du karité (*Cirina butyrospermi*), qui est considérée comme un ravageur des plantations d'arbres cultivés pour la production de beurre de karité (Anvo *et al.*, 2016). La consommation des termites peut être justifiée par leur qualité organoleptique mais également par leur disponibilité sur les marchés (Niaba *et al.*, 2014 ; Ehounou *et al.*, 2018). En effet, les chenilles de *Cirina butyrospermi*, *Imbrasia oyemensis* et les termites ailés de *Macrotermes subhyalinus* sont les plus commercialisés sur les marchés ivoiriens. Ces résultats abondent dans le même sens que ceux de Taméssé *et al.* (2015) qui ont montré que les larves des Lépidoptères (34,36 %) et d'Isoptères (42,94 %) sont les insectes les plus commercialisés sur les marchés Camerounais. Bien qu'étant absentes sur le marché, les larves du genre *Rhynchophorus* sont incontestablement les plus prisées par les consommateurs.

Les insectes comestibles sont soumis à des traitements culinaires divers et variés. Ils sont généralement séchés afin de faciliter leur conservation. Dans certains pays africains, les enfants sont nourris avec de la farine à base de chenilles séchées pour lutter contre la malnutrition (FAO, 2004). Néanmoins les personnes interviewées les consommaient grillées accompagnées de semoule de manioc ou pas. Ce résultat est aussi mis en relief, par Ekpo et Oningbinde (2007) au Nigeria. Selon ces auteurs les insectes sont cuits étant grillés dans leur propre graisse et consommés avec des bâtons de manioc. Selon, van Huis (2003) en Afrique Subsaharienne, *R. phoenicis* est souvent grillé ou frit sur des charbons carbonisés. La cuisson améliore l'appétence des insectes et la disponibilité des éléments nutritives. Néanmoins, la littérature a excipé des consommations d'insectes à l'état cru. Certaines ont tendance à associer la consommation des insectes à diverses pratiques médicinales au-delà de la nutrition (Raheem *et al.*, 2018). En illustration, Chen *et al.* (2019) dénotent que les chenilles ont des propriétés immunostimulantes et anticancéreuses. Dans la médecine traditionnelle Chinoise, *Antheraea pernyi* mâle est prescrit comme aphrodisiaque (Chen *et al.*, 2009). Aussi, les termites sont suggérés pour leurs effets immunostimulants (Chen *et al.*, 2009).

Dans un même temps, les femmes enceintes et allaitantes ainsi que les anémiques sont encouragées à manger des chenilles pour améliorer leur protéine (Illgner et Nel, 2000)

### **3.2. Facteurs incitant ou limitant la consommation des insectes**

L'arôme, est représenté dans la présente étude comme étant la principale source de motivation à la consommation des insectes en Côte d'Ivoire. Abordant dans le même sens, diverses études dans d'autres pays en développement rapportent que l'arôme est le motif majeur de consommation d'insectes (Obopile et Seeletso, 2013). En dehors de l'arôme, la curiosité (22 %) et la connaissance de la valeur nutritive (15%) sont aussi énumérées comme sources de motivation à la consommation. Ces facteurs sont rapportés par Ehounou *et al.* (2017) en raison de 49,39% pour le goût, 12,20 % pour la teneur en protéines et 17,43% par curiosité. En revanche, Obopile & Seeletso (2013) ont découvert, dans leur étude au Botswana, que la valeur nutritive est indiquée par seulement 5% des répondants comme facteur motivant. Il est donc pertinent de noter que ces facteurs varient d'un peuple à l'autre.

La pratique de l'entomophagie fait face à plusieurs contraintes dont les principales évoquées dans cette étude sont la non-disponibilité et l'inaccessibilité aux insectes (Obopile et Seeletso, 2013). En effet, les espèces consommées sont collectées dans leur habitat naturel dans des zones difficilement accessibles aussi leur disponibilité est-elle saisonnière. De plus, la surexploitation et la déforestation par l'homme reste également un sérieux défi pour la pratique actuelle et future de l'entomophagie (Hoare, 2007). Par conséquent, un approvisionnement accru de ces espèces aura le potentiel de résoudre les problèmes de sécurité alimentaire à la fois en augmentant, le taux de consommation et les revenus des personnes impliquées dans la collecte et la commercialisation des insectes (N'gasse, 2004 ; Ehounou *et al.*, 2017). En dehors de la non-disponibilité, les insectes sont aussi perçus dans cette étude comme étant sales et impropres à la consommation et pas culturels par certaines personnes (van Huis, 2013). Toutefois, Tan *et al.* (2015) ont conclu que c'était « l'expérience individuelle plutôt que culturelle » qui déterminait les attitudes à l'égard de la consommation d'insectes et que « les jugements étaient fondés sur des souvenirs d'alimentation passée.

### **Conclusion**

L'entomophagie est déclinée comme étant une solution idoine à la demande croissante de ressource protéique contemporaine et future. Cependant, celle-ci connaît des entraves du fait d'un manque criard de connaissance scientifique sur les risques et barrières sociétales. Ainsi, dans une dynamique de valorisation par l'amélioration des connaissances de ce secteur, ce travail de recherche a permis d'évaluer l'état de l'entomophagie en

Côte d'Ivoire afin de mettre en évidence le potentiel et les risques liés à de telles pratiques alimentaires. La consommation des insectes est une pratique existante en Côte d'Ivoire et est représentée variablement par les différents groupes ethniques. En effet, l'enquête réalisée auprès d'une frange de la population est supputée à 60,31 % le taux moyen d'entomophages. Ces entomophages étaient constitués de personnes de tout âge, de toutes les professions. La consommation de ces insectes était fortement motivée par l'arôme (38%), la curiosité (22%), l'habitude alimentaire (15%). Par ailleurs, l'indisponibilité (42,51%), l'aspect (37%) et la méconnaissance (12%) sont autant de facteurs limitants la pratique de l'entomophagie en Côte d'Ivoire. A l'état actuel, 11 espèces sont identifiées comme comestibles dont la plus prisée est la larve du *Rhynchophorus phoenicis*. Cette espèce sont très peu représentée sur le marché soit quasi inexistante. L'approvisionnement se fait par collecte dans leur état naturel et souvent dans les zones difficilement accessibles.

### References:

1. Anankware, J.P., Osekre, E.A., Obeng-Ofori, D., & Khamala, C.M. (2016). Factors that affect entomophagical practices in Ghana. *Journal of insects of Food and feed*, 1: 1-10.
2. Anvo, M., Toguyen, A., & Otchoumou A. (2016). Nutritional qualities of edible caterpillars *Cirina butyrospermi* in southwestern of Burkina Faso. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 18(2): 639-645.
3. Assielou, B., Dué, E., Koffi, M., Dabonne, S., & Kouamé, P. (2015). *Oryctes owariensis* Larvae as Good Alternative Protein Source: Nutritional and Functional Properties. *Annual Research & Review in Biology*, 8(3): 1-9.
4. Balinga, M.P., Mapunzu, P.M., Moussa, J.B., & N'gasse G. (2004). Contribution of forest insects to food security: The example of caterpillars of Central Africa. Vol. 1. *FAO Non-Wood Forest Products Rome*.
5. Banjo AD, Songonuga EA. (2006). The nutritional value of fourteen species of edible insects in Southwestern Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 5:298-301.
6. Boko, A.C.E, Angaman, D.M. & Blei, S.H. (2020). Entomophagy evaluation and nutritional potential of two edible insects sold in the markets of the city of Man (Côte d'Ivoire). *International Journal of Food and Nutritional Science*, 9:10-15.
7. Cicatiello, C., Franco S., Pancino, B., & Blasi F. (2016). The value of food waste: An exploratory study on retailing. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 30: 96-104.

8. Chen, X., Feng, Y., & Chen, Z. (2009). Common edible insects and their utilization in China. *Entomological Research*, 39(5): 299–303.
9. Christensen, D.L., Oreh, F.O., Mungai, M.N., Laren, T., Friis, H., & Aagaard-Hansen, J. (2006). Entomophagy among the Luo of Kenya: a potential mineral source?. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 57(3-4): 198-203.
10. DeFoliart, G.R. (2002). The human use of insects as food resource: à bibliographic account in progress. Wisconsin, USA, Department of Entomology, University of Wisconsin Madison.
11. Ehounou, G.P., Ouali-N'goran, S.W., & Niassy, S. (2017). Assessment of entomophagy in Abidjan (Côte D'ivoire, West Africa). *African Journal of Food Science*, 12:6-14.
12. Ehounou, G.P., Ouali-N'goran S.W & Niassy S. (2018). Evaluation de l'entomophagie à Abidjan (Côte Divoire, Afrique de l'Ouest). *African Journal of Food Science*, 12(1): 6-14.
13. Ekpo, K.E., & Onigbinde, A.O. (2005). Nutritional potentials of the larva of *rhynchophorus phoenicis* (F). *Pakistan Journal of Nutrition*, 4(5): 287–290.
14. FAO (2004). *Etat l'insécurité alimentaire dans le monde ; Suivi des progrès accomplis en vue de la réalisation du Sommet mondial de l'alimentation et de la Déclaration du Millénaire*. 43p .
15. Foua Bi, F.G., Meite, A., Dally, T., Ouattara, H., Kouame, K.G., & Kati-Coulibaly, S. (2015). Biochemical and nutritional study of powder from caterpillars *Embrasai oyemensis* eaten in West of Côte d'Ivoire. *Journal of Biochemical Research*, 5(3): 24-30.
16. Hoare A.L. 2007. The use of non-timber forest products in the Congo Basin: Constraints and Opportunities. Rainforest Foundation. 56P.
17. Illgner, P. & Nel, E. (2000). The geography of edible insects in sub-Saharan Africa: a study of the mopane caterpillar. 166: 336–351.
18. Johnson, D.V. (2010). The contribution of edible forest insects to human nutrition and to forest management. In: Durst, P.B., Johnson, D. V., Leslie, R.N., Shono, K. eds. *Forest Insects as Food: Humans Bite Back*. FAO, Bangkok, 5–22.
19. Kelemu, S., Niassy, S., Torto, B., Fiaboe, K., Affognon, H., Tonnang, H., Maniania, N. K., & Ekesi, S. (2015). Insectes comestibles africains pour l'alimentation humaine et animale : inventaire, diversité, points communs et contribution à la sécurité alimentaire. *Journal de nourriture pour insectes*, 1 :103-119.
20. Koffi, A. (2009). The contradictions of targeting policies in poverty reduction projects in the mountainous west of Côte d'Ivoire. DEA Université de Bouaké.

21. Koffi, D.M., Cissé, M., Koua, G.A., & Niamké, S.L. (2017). Nutritional and functional properties of flour from the palm (*Elaeis guineensis*) weevil *Rhynchophorus phoenicis* larvae consumed as protein source in south Côte d'Ivoire. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI- Food Technology*, 41(1) : 9-19.
22. Looy, H., & Wood, J.R. (2006). Attitudes toward Invertebrates: Are Educational "Bug Banquets" Effective?. *Journal of Environmental Education*, 37(2): 37-48.
23. Malaisse, F., Lognay, G., & Motte Florac, E. (2003). Edible caterpillars from tropical Africa. In: Thomas, editors. *Insects in Tradition Oral*. Vol. 5. Paris: Peeters-Selaf, Ethnoscience. p.295.
24. Meyer-Rochow, B.L. (2009). Food taboos: their origins and purpose. *Journal of ethnobiology and Ethnomedicine*, 5(18): 1-10.
25. Monzenga Lokela., J.-C. (2015). Ecologie appliquée de *Rhynchophorus phoenicis* Fabricius (Dryophthoridae : Coleoptera) : phénologie et optimisation des conditions d'élevage à Kisangani, R.D. Congo. <https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:15758>
26. N'gasse, G.(2003). Contribution of edible caterpillars / larvae to reduction food insecurity in the Central African Republic. *Products non-timber foresters. Working Document No. 1. Program of FAO non-wood forest products*.
27. Niaba K.P.V. (2014). Potentialités alimentaires et nutritionnelles de *Macrotermes subhyalinus* ailé en Côte d'Ivoire THESE Pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences et Technologie des Aliments de l'Université Nangui Abrogoua 149p.
28. Nonaka, I., & Toyama, R. (2005). The theory of the knowledge-creating firm: Subjectivity, objectivity and synthesis. *Industrial and Corporate Change*, 14(3):419-436.
29. Obopile, M., & Seeletso, T.G. (2013). Eat or not eat: An analysis of the status of entomophagy in Botswana. *Food security*, 5(6):817-824.
30. Payne, C.L.R., Scarborough, P., Rayner, M., & Nonaka, K. (2016). Are edible insects more and less "healthy" than commonly consumed meat? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over and undernutrition. *European Journal of Clinical Nutrition*, 70(3): 285-291.
31. Quin P.J. (1959). *Foods and Feeding Habits of the Pedi*, Witwatersrand University (Johannesbourg) :278 p.
32. R Core team (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
33. Raheem, D., Carrascosa, C., Oluwole, O.B., Nieuwland, M., Saraiva, A., Millan, R., & Raposo, A. (2018). Traditional consumption of and



- rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 39(4): 521-540.
34. Ramos-Elorduy, J. (2005) Insects: a hopeful food source. In *Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails for Sustainable Development* (edited by M. G. Paoletti). Science Publishers Inc., Enfield, NH. pp. 263–291.
  35. RGPH (2014). Côte d'Ivoire has 23 million inhabitants. Article by the APA agency; 2014. Available from: <http://Abidjan.net>. [Last accessed on 2020 Jan 21]
  36. Sobal, J., & Bisogni, C.A. (2009). Constructing food choice decisions. *Annals of Behavioral Medicine*, 38 (1): 37-46.
  37. Taméssé, J.L., Kekeunou, S., Tchatchouang, L.J., Ndegue, O.L., Aissatou, L.M., & Tombouck C. (2015). Consumption and marketing of insects by populations in the western and southern regions of Cameroon. AAIS 21st Conference of the African Association of Entomologists. Cotonou, Benin; 2015. p. 28.
  38. Tan, H.S.G., Fischer, A.R.H., Tinchan, P., Stieger, M., Steembekkers, L.P.A., van Trijp, H.C.M. (2015). Insects as food: Exploring cultural exposure and individual experience as determinants of acceptance. *Food Quality and Preference*, 42: 78-89.
  39. Van Huis, A. (2003). Medical and stimulating properties ascribed to arthropods and their products in sub-Saharan Africa. In É. Motte-Florac & J.M.C. Thomas, eds. *Insects in oral literature and traditions*, Paris, Peeters, pp. 367–382.
  40. Van Huis, A., Itterbeeck, V.J., Klunder, H., Mertens, E., Italloran, A., Mui, R.G., & Vantomme, P. (2013). *Edible Insects: future prospects for food security*, FAO, Forestry, Rome (171): 67- 105.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Impact of Bias Correction on Present and Mid-Future Rainfall Projections over Senegal

***Sarr Alioune Badara***

Laboratoire d'Océanographie, des Sciences de l'Environnement et du Climat (LOSEC), UFR Sciences et Technologies, Université A. SECK de Ziguinchor, Sénégal

IRD-ESPACE-DEV, Maison de la Télédétection, Montpellier Cedex, France

***Diatta Samo***

Laboratoire d'Océanographie, des Sciences de l'Environnement et du Climat (LOSEC), UFR Sciences et Technologies, Université A. SECK de Ziguinchor, Sénégal

Laboratoire Physique de l'Atmosphère et de l'Océan-Simeon Fongang, ESP, Université Cheikh Anta DIOP, Sénégal

***Kébé Ibourahima***

West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Landuse (WASCAL), WASAL Competence Center, Boulevard Mouammar Kadhafi, Ouagadougou, Burkina Faso

Université Nazi Boni, Centre Universitaire de Banfora, Burkina Faso

***Sultan Benjamin***

IRD-ESPACE-DEV, Maison de la Télédétection, Montpellier Cedex, France

***Camara Moctar***

Laboratoire d'Océanographie, des Sciences de l'Environnement et du Climat (LOSEC)

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p137](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p137)

Submitted: 08 June 2020

Accepted: 22 September 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Sarr A.B., Diatta S., Kébé I., Sultan B. & Camara M. (2021). *Impact of Bias Correction on Present and Mid-Future Rainfall Projections over Senegal*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 137.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p137>

### Abstract

In this study, we analyze the impact of bias correction models on present and future precipitation and extremes rainfall events over Senegal. The commonly used linear scaling (LS) bias correction method has been applied



on four (4) regional climate models (RCMs) of the Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX) program. The linear scaling bias correction method was firstly calibrated and validated during the 1976-1990 and 1991-2005 periods, respectively. The comparison with the observed data revealed that the linear scaling method significantly improves the mean and the extreme precipitations during the validation period. The RCMs generally simulate a decrease of rainfall in the mid-twenty-first century under the RCP8.5 greenhouse gas concentration pathway compared to the reference period (1976-2005), except for the CCLM4 and the RCA4 models which show respectively a slight increase overall Senegal and the east of the country. The changes in precipitation indices such as the number of wet days (R1mm) and mean frequency of heavy rainfall events (R20mm) follows that mean precipitation change distribution. Almost uncorrected RCMs (except RCA4) predict during the near future an increase in of the mean intensity of daily rainfall events (SDII), the mean intensity of precipitation events above the 95th Percentile (R95PTOT) and the mean maximum dry spells length (CDD), whereas a decrease in the mean maximum wet spells length (CWD) is projected. After applying the LS bias correction, the spatial distribution patterns are not so much modified in all the models but the magnitude of the climate change signal is either amplified or moderated depending on the considered variables.

---

**Keywords:** Regional Climate Models, Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX), Climate Change Signal, Bias Correction, Senegal

## **Introduction**

Knowing the climate and rainfall extremes trends in the near future is a great challenge and is very important for Sahelian countries including Senegal, whose economy depends mainly on agriculture and animal husbandry. Indeed, climate projections made in the Sahel and particularly in Senegal (Sylla et al. 2016; Diallo et al. 2016; Sarr and Camara 2017) have shown a possible reduction of mean precipitation and an increase in extreme events. To study the impact of climate change in the Sahel, Global Climate Models (GCMs) have often been used. However, several studies (Kim et al. 2014; Akinsanola et al. 2018) have shown the presence of significant bias in the GCMs especially in simulating the precipitation which the variability widely varies from one model to another. GCMs have difficulties simulating several surface heterogeneities because of their low spatial resolution (200 to 300 km). To refine the diagnosis at regional or local scales, regional climate models (RCMs) have been increasingly used to dynamically disaggregate GCMs (Paeth et al. 2008). In this context, several experiments have been undertaken

to produce coordinated experiments using several regional climate models (RCMs). These include PRUDENCE (Christensen et al., 2008), ENSEMBLES-AMMA (van der Linden and Mitchell 2009), and recently the CORDEX program (Giorgi et al., 2009, Nikulin et al., 2012). Several studies have shown the persistence of these biases in the RCMs, especially in certain areas such as West Africa (Nikulin et al. 2012, Camara et al. 2013, Sarr et al. 2015). Indeed, the parameterization in the models remains a crucial problem despite the increase in the resolution. So, the simulated climates are not still in perfect agreement with the observations mainly at the local scale. To address this issue, several authors (Hayhoe et al. 2007; Hawkins et al. 2012; Ahmed et al. 2012) have recommended the use of bias corrections on climate model outputs. Several bias-corrected methods have been tested in West Africa or in other areas of the world. Mbaye et al. (2015) have used the delta function method to bias correct the REMO model over the Senegal river basin; Teutschbein and Seibert (2013) have tested the performance of four bias correction methods in five (5) catchments in Sweden. Recently, Mahmood et al. (2018) have highlighted the performance of precipitation extended linear scaling method for correcting GCMs in the Jhelum river basin.

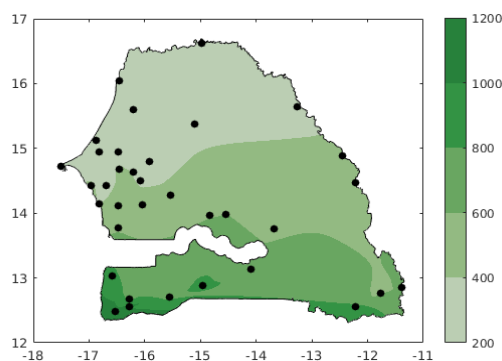
The objective of our study is to test the ability of the widely used linear scaling (LS) method (Imbery et al. 2013, Dahm et al. 2016) to correct first the biases from precipitation simulated by the regional climate models of the CORDEX program (COordinated Regional climate Downscaling Experiment) in Senegal; and secondly to analyze the impact of the LS method on the projected mean and extreme precipitation under the Representative Concentration Pathway 8.5 (RCP8.5) in Senegal.

## **1. Data and method**

### **1.1. Study area and observation dataset**

The study area is Senegal (figure 1) country in West Africa located between latitude  $12^{\circ}30'N$ - $16^{\circ}30'N$  and longitude  $11^{\circ}30'W$ - $17^{\circ}30'W$ . The climate, predominantly Sahelian, is characterized by two unevenly distributed seasons characterized by a short rainy season in the north from July to September, to a relatively short in the south from June to September and a long dry season from November to May subject to the predominance of hot and dry flows. During the rainy season, an increase in rainfall gradient is noted that shifts southward (Salack et al. 2012).

Daily data from 35 rain gauge stations located in Senegal have been used in this study (table 1, Figure 1). These daily datasets have been provided by the National Agency for Civil Aviation and Meteorology of Senegal (ANACIM) and span from the period 1950-2014. The natural neighbor method that is based on a weighted average of local data (Ledoux and Gold, 2005), has been used for spatial interpolation.



**Figure 1.** Mean summer precipitation (1991-2005), points indicate the location of the rain gauge stations network of the National Agency for Civil Aviation and Meteorology

**Table 1.** Stations of the National Agency for Civil Aviation and Meteorology of Senegal used in this study

Stations name	Longitude	Latitude	UTM Zone	Altitude
Baba Garage	-16°28'48"	14°57'00"	28P	24 m
Bakel	-12°27'36"	14°53'24"	28P	25 m
Bambey	-16°27'00"	14°40'48"	28P	21 m
Bignona	-16°16'12"	12°40'12"	28P	31 m
Boulel	-15°31'48"	14°16'48"	28P	31 m
Dakar-Yoff	-17°30'36"	14°43'12"	28P	27 m
Diouloulou	-16°34'48"	13°01'48"	28P	12 m
Diourbel	-16°12'00"	14°38'24"	28P	7 m
Foudiougne	-16°28'12"	14°07'12"	28P	6 m
Gossas	-16°04'48"	14°30'00"	28P	21 m
Kaffrine	-16°48'36"	14°06'00"	28P	16 m
Kaolack	-16°02'24"	14°07'48"	28P	9 m
Kédougou	-12°12'36"	12°33'36"	28P	178 m
Kidira	-12°13'12"	14°28'12"	28P	39 m
Kolda	-14°57'36"	12°52'48"	28P	10 m
Koumpentoum	-14°33'00"	13°58'48"	28P	27 m
Koungheul	-14°49'48"	13°58'12"	28P	17 m
Linguère	-15°06'00"	15°22'48"	28P	24 m
Louga	-16°12'00"	15°36'00"	28P	41 m
Matam	-13°15'36"	15°38'24"	28P	19 m
Mbacké	-15°55'12"	14°48'00"	28P	47 m
Mborro	-16°52'48"	15°07'48"	28P	20 m
Mbour	-16°58'12"	14°25'12"	28P	15 m
Oussouye	-16°31'48"	12°28'48"	28P	20 m
Podor	-14°58'12"	16°37'12"	28Q	9 m
Saint-Louis	-16°27'00"	16°02'24"	28Q	22 m
Sédhiou	-15°33'00"	12°41'24"	28P	23 m
Tambacounda	-13°40'48"	13°45'36"	28P	33 m
Thiadiaye	-16°42'00"	14°25'12"	28P	26 m
Tivaoune	-16°48'00"	14°57'00"	28P	57 m

Toubacouta	-16°28'48"	13°46'48"	28P	15 m
Vélingara	-14°06'00"	13°08'24"	28P	33 m
Ziguinchor	-16°16'12"	12°33'36"	28P	33 m
Saraya	-11°46'12"	12°46'12"	29P	182m
Kenieba	-11°13'12"	12°51'00"	29P	88m

### 1.2. Models description

Four (4) regional climate models (RCMs) from the CORDEX program are considered in this study (Table 2). The horizontal resolution of the models is 0.44°x0.44°. The RACMO and REMO models are driven by the Global Climate Model (GCM) EC-EARTH, while the RCA4 and CCLM4 models are driven by the CNRM-CM5 as shown in table 2. Two periods have been considered in this study, the reference period or historical period that lays from 1976 to 2005 and the near-future period that goes from 2036-2065 and corresponds to the mid-twenty-first century. Climate projections used here are forced by the Representative Concentration Pathway (RCP) 8.5 as described in Moss et al. (2010). It represents the prescribed greenhouse gas concentration pathway throughout the twenty-first century that corresponds to a radiative forcing of 8.5 W.m<sup>-2</sup> known as the high-level emission scenario.

**Table 2.** Description of the regional climate models

Name	GCM forcing	Institution	References
CCLM4	CNRM-CM5	CLM-community	Baldauf et al., (2011)
RACMO22T	EC-EARTH	KNMI, The Netherlands	Van Meijgaard et al., (2008)
RCA4	CNRM-CM5	SMHI, Sweden	Samuelsson et al., (2011)
REMO	EC-EARTH	MPI, Germany	Jacob et al., (2007)

### 1.3. The Linear scaling (LS) bias correction

The linear scaling method (Lenderink et al. 2007) adjusts rainfall of RCM simulations with correction values based on the relationship between long-term monthly mean observed and RCM control run values. The rainfall is adjusted using a multiplicative factor. It aims to perfectly match the long-term monthly mean of corrected values with those observed. The multiplicative factor is developed by comparing the observed data with the corresponding historical RCMs simulations and then applied to each daily value of the entire time series of the RCMs. It is widely used (Mendez et al. 2020, Worku et al. 2019, Willkofer et al. 2018, Mahmood et al. 2018, amount others) and is easy to implement (Shrestha et al. 2017). It is given by the following formula:

$$P_{RCM,cor,m,d} = P_{RCM,m,d} * \frac{\overline{P_{obs,m}}}{\overline{P_{RCM,m}}}$$

Where  $P_{RCM,cor,m,d}$  and  $P_{RCM,m,d}$  are respectively the corrected and the uncorrected precipitation on the  $d^{th}$  day of  $m^{th}$  month.  $\overline{P_{obs,m}}$  and  $\overline{P_{RCM,m}}$  are respectively the mean values of daily observed and simulated data of  $m^{th}$  month during the calibration period. The corrected factor ( $\frac{\overline{P_{obs,m}}}{\overline{P_{RCM,m}}}$ ) remains unchanged during the validation and future periods. The calibration period spans from 1976 to 1990 whereas the validation goes from 1991 to 2005. The reference dataset is rainfall data from the 35 rain gauge stations (from the ANACIM) located around Senegal.

#### 1.4. Precipitation indices

The spatial distribution of rain in the summer period (June-September) as well, extreme precipitation indices derived from the Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) and recommended by the World Meteorological Organization (WMO), have been analyzed. The ETCCDI indices have been widely used and provide daily statistics to assess changes in temperature and precipitation regimes on duration, intensity, and occurrence (Diatta et al. 2020, Sillman et al. 2013, Zhang et al. 2011, Peterson et al, 2001, etc.). In this work, we focused only on six (6) extreme precipitation indices that seemed to be most relevant for our study area and are compiled in Table 3.

**Table 3.** List and description of extreme precipitation indices

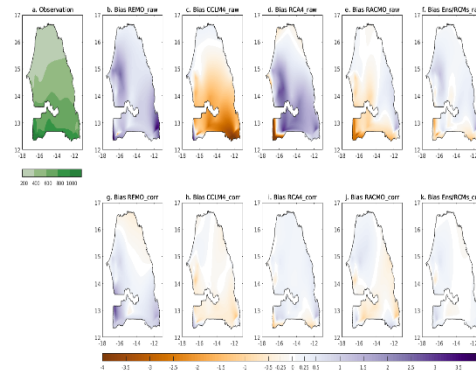
Indices acronyms	Indices names	Description	units
R1mm	Number of wet days	number of days with precipitation > 1 mm	days
R20mm	Number of very heavy rainfall events	Maximum number of days with precipitation > 20 mm	days
SDII	Daily precipitation intensity	Precipitation intensity due the wet days only	mm/day
CWD	Mean maximum wet spell length	Maximum number of consecutive days with cumulative daily rainfall greater than 1mm/day	days
CDD	Mean maximum dry spell length	Maximum number of consecutive days with cumulative daily rainfall lower than 1mm/day	days
R95PTOT	Total precipitation percent due to heavy rain days	Percentage sum of daily precipitation > 95 <sup>th</sup> percentile	%

## 2. Results

### 2.1. Evaluation of the RCMs and the LS method

Figure 2 shows the distribution of precipitation observed in Senegal (Fig.2.a) during the summer (June-September) and the biased distributions of RCMs without correction (Fig.2.b-f) and with correction applied (Fig.2.e-k) with respect to the observations during the validation period (1991-2005). The observations show a latitudinal distribution of precipitation from the south to north with larger amounts in southern Senegal. The uncorrected RCMs show fairly large biases across the country. The REMO\_raw and RCA4\_raw models (Fig.2b and Fig.2d, respectively) overestimate the intensity of precipitation over most parts of Senegal. However, the RCA4 model shows a strong underestimation of around 4mm in the southwestern part of Senegal. Fig.2.c presents the bias distribution of precipitation simulated by the CCLM4\_raw model. A high underestimation of the precipitation (about 3 mm) is observed in almost all parts of Senegal. The uncorrected RACMO model (RACMO\_raw) (Fig. 2.e) presents an important negative bias in the middle and south parts of the country that is generally less than 2mm in absolute value. However, it slightly overestimates the precipitation in the eastern and northwestern parts of the country. When considering the uncorrected ensemble-mean, we note that these biases are relatively lower (Figure 2.f) with a very slight overestimation of precipitation (below 1 mm) over almost all parts of Senegal except in the south where the precipitation is slightly underestimated. The reduction of the biases found with the ensemble mean is in agreement with the Nikulin et al. (2012), Kim et al. (2014), and Gbobaniyi et al. (2014) findings, which showed that the ensemble-mean model improves the performance of the models taken individually.

When applying the linear scaling (LS) bias correction method, the majority of corrected models show a remarkable reduction of precipitation magnitude in the whole country. For instance, the bias-corrected models such as REMO and RCA4 (Fig.2g and Fig.2i, respectively) show a reduction in absolute values from 3.5 mm/day to 0.5 mm/day. It should be noted that the uncorrected RCA4 and REMO models which present a wet bias in southern Senegal, exhibit a considerably reduced bias after correction.



**Figure 2.** a. observed mean summer rainfall for the validation period (1991-2005) and the bias of uncorrected RCMs and their ensemble mean (b. REMO\_raw, c. CCLM4\_raw, d. RCA4\_raw, e. RACMO\_raw, f. Ens/RCMs\_raw) (upper row) and the bias-corrected RCMs and their ensemble mean (g. REMO\_corr, h. CCLM4\_corr, i. RCA4\_corr, j. RACMO\_corr, k. Ens/RCMs\_corr) (lower row) with respect to the observation expressed in mm/days

To better investigate the performance of the LS method, the mean bias (in %) and the root mean square error (in mm/day) of mean and extreme precipitation are shown in table 4. The analysis of table 4 reveals that uncorrected models present the largest model error. The reduction of the error between uncorrected and corrected models is more felt with the mean precipitation. The model errors are also reduced in the extreme precipitation simulations corrected by the LS method with a lower rank than previously. Then, the LS exhibits a good score for most of the precipitation indices. This performance of the LS bias correction method gives good confidence in the analysis of the mid-twenty-first century rainfall spatial distribution changes.

**Table 4.** Mean bias (MB) expressed in %, root mean square error (RMSE) expressed in mm/day to observation during the validation period (1991-2005)

	CCLM4				RCA4				RACMO				REMO				Ens/RCMs			
	Raw		corr		Raw		Corr		Raw		Corr		Raw		corr		raw		corr	
	bias	Rms e	bias	rmse	Bias	Rms e	bias	rmse	Bias	rmse	bias	rmse	bias	rmse	bias	rmse	bias	rmse	bias	rmse
<b>mean</b>	-17.48	7.09	-5.74	6.11	22.16	7.04	5.880	6.61	0.61	6.81	0.23	6.66	30.67	7.78	8.00	7.18	8.89	7.18	2.16	6.64
<b>R1mm</b>	33.74	12.92	30.05	12.91	120.78	36.44	117.31	35.22	101.64	30.17	100.06	29.86	83.21	25.11	74.26	23.28	84.84	26.16	80.42	25.32
<b>R20mm</b>	-43.98	5.85	-33.19	4.60	-64.13	6.51	-52.68	5.86	-56.93	6.55	-49.56	5.98	-36.01	5.08	-16.96	4.76	-50.26	5.99	-38.10	5.30
<b>SDII</b>	-37.15	6.17	-22.59	3.86	-43.16	7.88	4.01	4.01	-51.70	8.42	-48.22	7.85	-34.82	6.17	-25.81	4.77	-41.71	7.16	-23.15	5.12
<b>R95Prot</b>	60.00	12.39	37.83	7.80	2.19	3.58	0.57	3.36	73.33	15.02	71.48	14.7	63.64	13.10	59.98	12.43	49.79	11.02	42.46	9.57
<b>CDD</b>	-19.94	21.66	-15.07	21.00	-56.28	21.05	-56.19	20.77	-60.64	21.31	-54.88	20.44	-58.64	20.65	-55.61	20.22	-48.12	21.17	-46.20	20.61
<b>CWD</b>	78.21	3.43	86.74	3.73	242.44	9.69	230.13	9.21	234.49	9.55	192.76	7.78	113.63	4.77	104.13	4.50	164.11	6.94	156.52	6.23



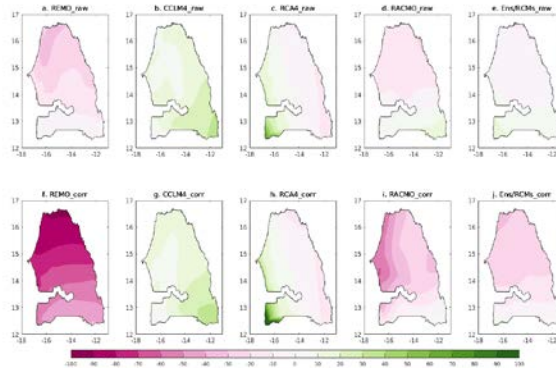
## 2.2 Projected change in precipitation and extreme precipitations

Figure 3 shows the relative rainfall change between the near future (2036-2065) and the historical period (1976-2005) for both the uncorrected models (Figs.3.a-e) and the corrected models (Fig.3 f-j). The results show a low rainfall change with three uncorrected models (CCLM4\_raw, RCA4\_raw, and RACMO\_raw) and the ensemble-mean as seen in Figures 3.b-d. The CCLM4\_raw model (Fig. 3.b) shows a slight increase in precipitation signal (between 10 and 30%) over the whole region. While the RCA4\_raw model (Fig. 3c) reveals approximately more than 10% increase of precipitation signal over the east and 10% to 20% of reduction toward the west of the country. The RACMO\_raw (Fig. 3.d) simulates a low decrease of rainfall over a large part of the country except in the southern area. Figure 3.a shows the distribution of change in precipitation simulated by the REMO\_raw; it shows a north-south gradient of change with an intense decrease toward the north. The ensemble-mean of the models (Fig. 3.e) shows little rainfall changes with a slight increase over the southern and a slight decrease over the northern part of the country (between 50 and 60%). Corrected models present in general a similar spatial distribution of precipitation compared to the original models with different magnitudes (Figures 3.f-j). Indeed, the corrected models predict much stronger changes compared to the uncorrected models but with different behavior from a model to another. For instance, the REMO\_corr (Figure 3.f) displays a high decrease in precipitation in the mid-twenty-first century which is more accentuated in the northern part (more than 80%). Similar behavior is also observed with the ensemble-mean that shows an increase of the change from 10% to 20% (Fig. 3.j), and the RACMO\_corr which increases the change between 10% and 50% (Fig 3.i). Few differences are noted in the spatial pattern changes between RACMO\_raw and RACMO\_corr. An east-west decrease of the gradient of rainfall change along the country is simulated by the RACMO\_corr, while a north-south gradient in change is exhibited by the RACMO\_raw. One interesting thing is that the spatial pattern of rainfall change is almost the same as the REMO\_raw and the REMO\_corr. Therefore, it can conclude that the applied bias correction on REMO does not alter the nature and the spatial pattern of change. This result is similar to Mbaye et al. (2015) findings when they applied the CDFt bias correction method to REMO over Senegal rivers. The LS method does not also change the spatial pattern in the CCLM4\_corr and RCA4\_corr (Figs 3.g and Figs 3.h, respectively) compared to the uncorrected models but the magnitudes are not the same. The bias-corrected models show more pronounced change compared to uncorrected models.

To characterize the extremes of precipitation, the mean frequency of wet days (R1mm), the mean frequency of heavy rainfall events (R20mm), the mean intensity of precipitation events above the 95th Percentile (R95Ptot), the

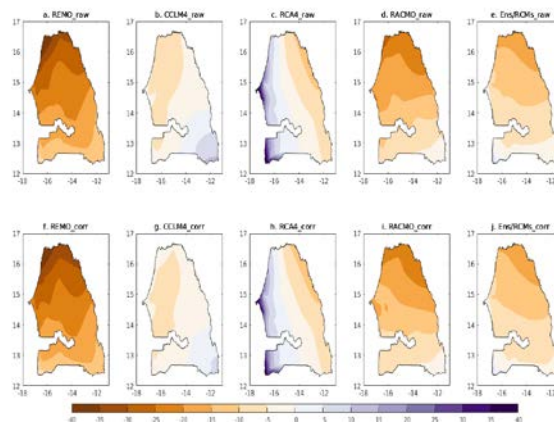


mean maximum dry spell length (CDD) and the mean maximum wet spell length (CWD) have been analyzed.

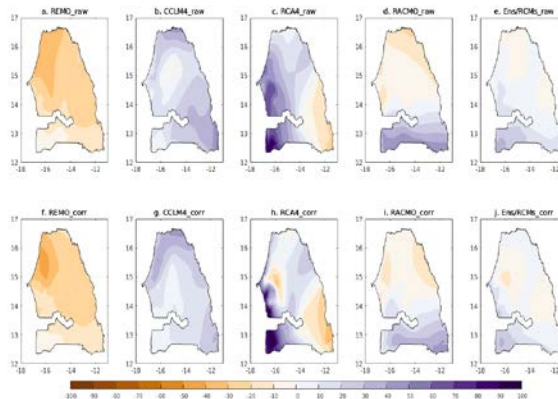


**Figure 3.** Mean summer projected rainfall change in % (2036-2065 minus 1976-2005) for each RCMs and their ensemble-mean, uncorrected models are in the upper row (a. REMO\_raw, b. CCLM4\_raw, c. RCA4\_raw, d. RACMO\_raw, e. Ens/RCMs\_raw) and corrected models are in the lower row (f. REMO\_corr, g. CCLM4\_corr, h. RCA4\_corr, i. RACMO\_corr, j. Ens/RCMs\_corr)

Figures 4 and 5 show respectively the projected changes in the number of rainy days (R1mm) and the frequency of heavy rainfall events (R20mm) in the uncorrected (upper row) and the bias-corrected (lower row) RCMs and their ensemble-mean. Compared to rainfall change distribution, the projected R1mm distributions change of RCMs generally follow the same patterns. We should note that the LS correction does not influence pretty much the R1mm change in Senegal as seen in figure 4. Similar behavior is observed in the R20mm projected change distributions, however little differences namely on the structures of the change have been noted (Figure 5). These results are not surprising as it's known that one disadvantage of the LS method is that the wet-day frequencies and intensities are not corrected (Lenderink et al. 2007).



**Figure 4.** Same as Fig.3 but with mean summer projected number of rainy days (R1mm)



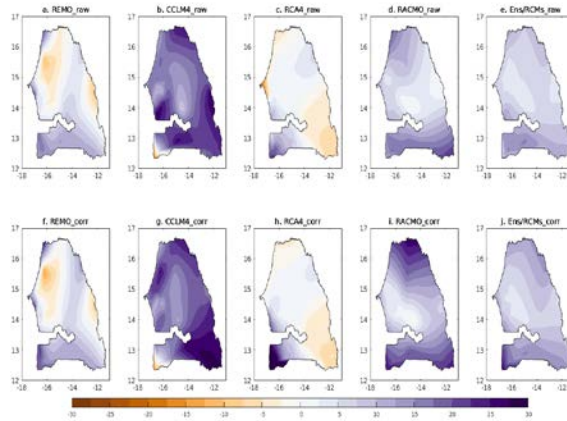
**Figure 5.** Same as Fig.3 but with mean summer projected frequency of heavy rainfall (R20mm)

The summer projected changes in the mean intensity of daily rainfall events (SDII) are shown in figure 6. Almost models simulate an increase of the simple daily intensity index (SDII) in the near future, except the RCA4 which shows a decrease in the eastern-south and western-north of Senegal (Fig.6.c) and the REMO which simulates also a negative change in the central northern part of Senegal (Fig.6.a). The CCLM4 seems to give the maximum percentage of change (Fig.6.b). The bias-corrected models (Figures 6.f-i) simulate similar spatial distributions change of SDII but the intensities of the signal are stronger compared to the original models namely in the south and the southern-east of Senegal.

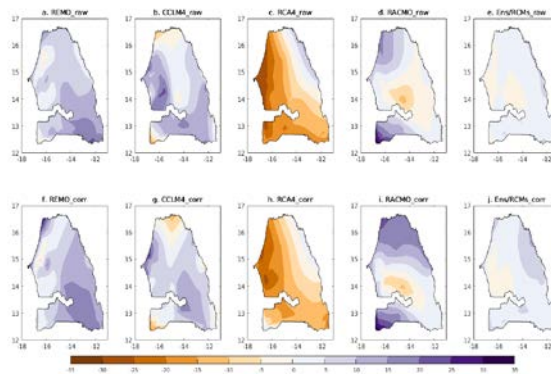
The projected changes in the total precipitation percent due to heavy rain days (R95PTOT) are shown in figure 7. The R95PTOT corresponds to intense rainfall events. The uncorrected models REMO\_raw and CCLM4\_raw (Fig 7.a and Fig.7.b, respectively) generally present an increase of the R95PTOT (more than 10%) over Senegal. Nevertheless, the CCLM4\_raw shows a slight decrease over the extreme north and extreme southwest of the country. The RACMO\_raw (Fig. 7.d) exhibits an increase in the western band of the country and the northern. However, the R95PTOT is decreasing in the center. Unlike other models, the RCA4\_raw shows almost a decrease of R95Ptot over the whole country and a slight increase toward the north-east as shown in figure 7.c. The decreasing pattern obtained with this model could reach 30% toward the west of the country. A slight increase is also found in the uncorrected ensemble-mean (Fig. 7.e). The spatial patterns observed in the uncorrected models seem to be similar to those observed in the bias-corrected models. However, the magnitude of the changes is slightly less important in the CCLM4\_corr and RCA4\_corr (Fig. 7.g and Fig. 7.h, respectively) and conversely more pronounced in the REMO\_corr, the RACMO\_corr and the

ensemble-mean bias-corrected (Fig. 7.f, Fig. 7.i, and Fig. 7.j, respectively) compared to their corresponding uncorrected models.

It should be noted that the large increase of change in the R95PTOT and the SDII predicted by the majority of the models (except RCA4) may be translated by a future strengthening of natural disasters such as floods. These results are also in agreement with previous findings (Giorgi et al. 2011, 2014, Sylla et al. 2016 and Diallo et al. 2016).



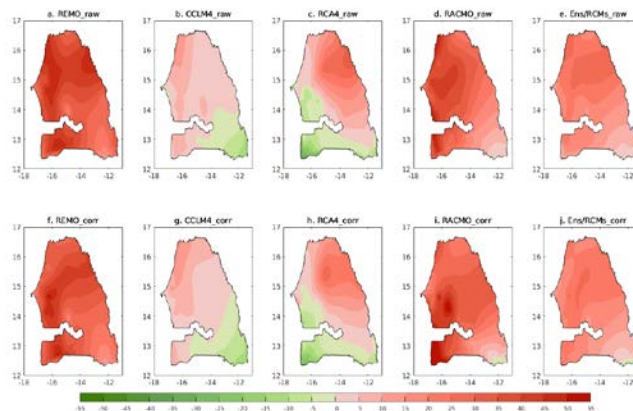
**Figure 6.** Same as Fig.3 but with mean summer projected simple daily intensity index (SDII)



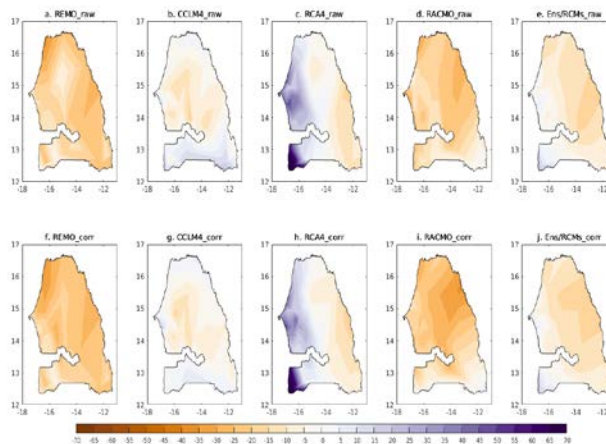
**Figure 7.** Same as Fig.3 but with mean summer projected very wet days (R95Ptot)

The last part of this paper is devoted to the analysis of dry spell lengths (CDD) and wet spell lengths (CWD) as illustrated in figures 8 and 9. The REMO\_raw, the RACMO\_raw, and the ensemble-mean show more dry spell lengths in the near future in the whole Senegal with more intensity on the north (Figs. 8.a, 8.d and 8.e). The CCLM4\_raw and the RCA4\_raw also project an increase of dry spell lengths from the center of the country to the north. They also project a decrease of the CDD in the eastern-south (CCLM4\_raw) and in

a localized area up to the west of Gambia as presented in figures 8.b. and 8.c. When considering the biases corrected models (figures 9.f-i), we note generally similar patterns than previously. Nevertheless, the magnitudes of the change signal are generally slightly lower and less localized in space. As a large increase in consecutive dry days (CDD) implies a large decrease in consecutive wet days (CWD), most of the models display a reduction of the CWD in the mid-twenty-first century (Figure 9). However, the CCLM4\_raw model (Fig. 9.b) shows a slight increase in the south and extreme north of Senegal, whereas the RCA4\_raw exhibits a positive percentage of change in the west band of the country suggesting an increase of wet spell lengths in the near future under the RCP8.5 as illustrated in figure 9.c. The remaining uncorrected models project almost a decrease of the CWD in the whole Senegal. The ensemble-mean model shows a similar pattern but with little patches where the changes are positive in the western-south and near Mbour in the south of Dakar (Fig.9.e). The spatial distribution of future changes obtained after bias correction is generally similar to the uncorrected ones. Contrary to the previous analysis (CDD), the magnitude of the negative changes is generally more pronounced. For example, the REMO\_corr, the RACMO\_corr and the ensemble\_mean bias-corrected (Figs. 9.f, 9.h, and 9.j, respectively) show more spatial extend in the maximum of the change compared to the corresponding uncorrected models. An opposite pattern is observed with the positive change, the corrected models seem to reduce the percentage of change in the near future as projected by the CCLM4\_corr and RCA4\_corr and illustrated in figure 9.g et 9.h As pointed out by others authors (Lintner et al. 2012; Sylla et al. 2016), the decrease in CWD predicted by almost all models during the near future is a response to the increasing global warming. In any case, the large increase (decrease) in CDD (CWD) could affect some economic activities such as agriculture which represents an important income for Senegal.



**Figure 8.** Same as Fig.3 but with mean summer projected maximum dry spell length (CDD)



**Figure 9.** Same as Fig.3 but with mean summer projected maximum wet spell length (CWD)

### 3. Conclusion

The study presented here aims to evaluate the impact of bias correction on precipitation in the present (1976-2005) and the near future (2036-2065) over Senegal under the RCP8.5 scenario. The Linear scaling method has been applied on the outputs simulations of high-resolution rainfall data ( $0.44^{\circ} \times 0.44^{\circ}$ ) of four (4) regional climates models (CCLM4, RACMO, RCA4, and REMO) engaged in the CORDEX program. The first step was to calibrate and validate the linear scaling bias correction method during the 1976-1990 and 1991-2005 periods, respectively. The results show a good performance of the LS bias correction method during the validation period. The results obtained in the projected simulations show generally a decrease in mean precipitation in the mid-twenty-first century compared to the historical period (1976-2005). However, a slight increase is exhibited by the CCLM4 over all the country and by the RCA4 in the eastern part of the country. The applied bias correction method did not modify the spatial distribution of the precipitation changes, but the projected changes (increase or decrease) seem generally to be more intense in bias-corrected models. The analysis of the future extreme precipitation shows that the spatial pattern of the R1mm and R20mm follows the mean rainfall behavior. However, the areas where the R20mm (R1mm) is decreasing, are less (more) extended. The reverse is noted when we consider the increase patterns. The spatial distribution observed in the uncorrected models is also so much modified in the bias-corrected models, but the magnitude of the change is generally small in the bias-corrected models. A general trend of increasing precipitation intensity indices (SDII and R95Ptot) is observed over almost the whole of Senegal, except for the RCA4 that simulates a decrease of R95PTOT overall the country. The LS method



slightly increases the magnitude of the SDII. As for the R95PTOT, the magnitude of the changes is lower in the CCLM4 and RCA4 bias-corrected and higher in the REMO, the RACMO, and the ensemble-mean model. The analysis of the mean maximum dry spell lengths (CDD) and the mean maximum wet spell lengths (CWD) shows that the RCMs generally project an increase (decrease) of the CDD (CWD). However, the RCA4 model shows a slight decrease (increase) of the CDD (CWD) over the east of the country; this situation could involve an increase of intense droughts with disastrous consequences for local economic activities. The climate change signal has slightly decreased in the bias-corrected models for the CDD index. When we consider the CWD index, the bias correction tends to slightly increase the climate change signal in the REMO and RACMO models as well in the multi-model ensemble-mean and decrease it in the CCLM4 and RCA4 models.

Finally, our results show the Linear scaling bias correction method does not affect the spatial distribution of the climate change signal but modifies it either by amplifying the magnitude or by altering the signal. Nevertheless, the bias corrections play a large role in assessing the climate change impacts on hydrology and agriculture, it is important to test several bias correction methods to better prevent climate change and apply relevant adaptation measures.

### Abbreviations

**CORDEX**, Coordinated Regional climate Downscaling Experiment ;  
**RCP**, Representative Concentration Pathway; **UTM**, Universal Transverse Mercator

### Acknowledgements

The authors would like to thank the Assane Seck University of Ziguinchor for its support

### References:

1. Ahmed, KF., Wang, G., Silander, J., Wilson, AM., Allen, JM., Horton, R., Anyah, R. (2012). Statistical downscaling and bias correction of climate model outputs for climate change impact assessment in the U.S. northeast. *Global and Planetary Change* 100 (2013) 320–332. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.11.003>
2. Akinsanola, A., Ajayi, V., Adejare, A., et al. (2018). Evaluation of rainfall simulations over West Africa in dynamically downscaled CMIP5 global circulation models. *Theor Appl Climatol* 132, 437–450 (2018) doi:10.1007/s00704-017-2087-8.
3. Baldauf, M., Seifert, A., Förstner, J., Majewski, D., Raschendorfer, M., Reinhardt, T. (2011). Operational convective-scale numerical weather

- prediction with the COSMO model: description and sensitivities. *Mon. Wea. Rev.* doi:10.1175/MWR.-D-10-05013.1.
4. Camara, M., Diédhiou, A., Sow, BA., Diallo, MD., Diatta, S., Mbaye, I., Diallo, I., (2013). Analyse de la pluie simulée par les modèles climatiques régionaux de CORDEX en Afrique de l'Ouest. *Sécheresse*, 2013, Volume 24, N°1.
  5. Christensen, OB., Drews, M., Christensen, JH., Dethloff, K., Ketelsen, K., Hebestadt, I., and Rinke, A. (2008). The Hirham Regional Climate Model Version 5. Technical Report 06-17, DMI. <http://www.dmi.dk/dmi/en/print/tr06-17.pdf>
  6. Dahm, RJ., Singh, UK., Lal, M., Marchand, M., Sperna Weiland, FC., Singh, SK., and Singh, MP (2016). Downscaling GCM data for climate change impact assessments on rainfall: a practical application for the Brahmani-Baitarani river basin, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/hess-2015-499>.
  7. Diatta, S.; Diedhiou, C.W.; Dione, D.M.; Sambou, S. (2020a). Spatial Variation and Trend of Extreme Precipitation in West Africa and Teleconnections with Remote Indices. *Atmosphere*, 11, 999.
  8. Diallo, I., Giorgi, F., Deme, A., Tall, M., Mariotti, L., and Gaye, AT. (2016). Projected changes of summer monsoon extremes and hydroclimatic regimes over West Africa for the twenty-first century,” *Climate Dynamics*, 2016.
  9. Gbobaniyi, E., Sarr, A., Sylla, MB., Diallo, I., Lennard, C., Dosio, A., et al. (2014). Climatology, annual cycle and interannual variability of precipitation and temperature in CORDEX simulations over West Africa. *International Journal of Climatology*. 34(7):2241– 2257.
  10. Giorgi, F., Jones, C., Asrar, G. (2009). Addressing climate information needs at the regional level: The CORDEX framework. *WMO Bulletin*. 2009;58175-183.
  11. Giorgi, F., Im, ES., Coppola, E., Diffenbaugh, NS., Gao, XJ., Mariotti, L., and Shi, Y. (2011), Higher hydroclimatic intensity with global warming, *J. Clim.*, 24, 5309– 5324.
  12. Giorgi, F., Coppola, E., Raffaele, F., Diro, GT., Fuentes-Franco, R., Giuliani, G., Mamgain, A., Llopart, MP., Mariotti, L., and Torma, C. (2014b). Changes in extremes and hydroclimatic regimes in the CREMA ensemble projections. *Climatic Change*, 125, 39–51. doi:10.1007/ s10584-014-1117-0.
  13. Hawkins, E., Ho, CK., Osborne, T., and Challinor, AJ. (2012). Calibration and bias correction of climate projections for crop modeling: an idealized case study over Europe. *Ag. For. Met.*, in press, doi:10.1016/j.agrformet.2012.04.007.

14. Hayhoe, K., Wake, CP., Huntington, TG., et al. (2007). Past and future changes in climate and hydrological indicators in the US Northeast. *Clim Dyn* 28, 381–407 (2007). <https://doi.org/10.1007/s00382-006-0187-8>.
15. Imbery, F., Plagemann, S., Namyslo, J. (2013). Processing and Analysing an Ensemble of Climate Projections for the Joint Research Project KLIWAS. *Advances in Science and Research* 10:91-98. DOI: 10.5194/asr-10-91-2013
16. Jacob, D., Barring, L., Christensen, OB., Christensen, JH., Hagemann S., Hirschi, M., Kjellström, E., Lenderink, G., Rockel, B., Schar, C., Seneviratne, SI., Somot, S., van Ulden, A., and van den Hurk B (2007). An Inter-Comparison of Regional Climate Models for Europe: Design of the Experiments and Model Performance. *Climate Change*, 81, 31-52. <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-006-9213-4>.
17. Kim, J., Waliser, DE., Mattmann, CA., et al. (2014). Evaluation of the CORDEX-Africa multi-RCM hindcast: Systematic model errors. *Climate Dynamics*. 2014;42(5-6):1189–1202.
18. Ledoux, H., Gold C (2005). An Efficient Natural Neighbour Interpolation Algorithm for Geoscientific Modelling. In: *Developments in Spatial Data Handling*. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/3-540-26772-7\\_8](https://doi.org/10.1007/3-540-26772-7_8)
19. Lenderink G., Buishand A., and van Deursen, W. (2007). Estimates future discharges of the river Rhine using two scenario methodologies: direct versus delta approach, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*,11, 1145–1159, doi:10.5194/hess-11-1145-2007.
20. Lintner, BR., Biasutti, M., Diffenbaugh, NS., Lee, J.E., Niznik, MJ, & Findell, KL. (2012). Amplification of wet and dry month occurrence over tropical land regions in response to global warming. *Journal of Geophysical Research*, 117, D11106. doi:10.1029/2012JD017499.
21. Ly, M., Traoré, SB., Alhassane, A., Sarr, B. (2013). Evolution of Some Observed Climate Extremes in the West African Sahel. *Weather and Climate Extreme*, 19–25, <http://dx.doi.org/10.1016/j>.
22. van Meijgaard, E., van Uft, LH., van de Berg, WJ., Bosveld, FC., van den Hurk, BJJM., Lenderink, G., Siebesma, AP. (2008). The KNMI regional atmospheric climate model, version 2.1, KNMI Tech. Rep. 302, De Bilt, Netherlands.
23. Mahmood R., Jia S. , Tripathi N. K. and Shrestha S. (2018). Precipitation Extended Linear Scaling Method for Correcting GCM Precipitation and Its Evaluation and Implication in the Transboundary Jhelum River Basin. *Atmosphere* 2018, 9, 160; doi:10.3390/atmos9050160



24. Mbaye, ML., Haensler, A., Hagemann, S., Gaye, AT., Moseley, C. & Afouda, A. (2016). Impact of statistical bias correction on the projected climate change signals of the regional climate model REMO over the Senegal River Basin. *Int. J. Climatol.* 36: 2035–2049.
25. Mendez M., M. Ben, Hein-Griggs D. and Alvarado-Gamboa L. (2020). Performance Evaluation of Bias Correction Methods for Climate Change Monthly Precipitation Projections over Costa Rica. *Water* 2020, 12, 482; doi:10.3390/w12020482
26. Moss, R., Babiker, M., Brinkman, S., Calvo, E., et al. (2010): Towards new scenarios for analysis of emissions, climate change, impacts and response strategies. IPCC expert meeting report, Noordwijkerhout, The Netherlands.
27. Nikulin, G., Jones, C., Giorgi, F., Asrar, G., Büchner, M., Cerezo-Mota, R., et al. (2012). Precipitation climatology in an ensemble of CORDEX-Africa regional climate simulations. *Journal of Climate.* 2012;25:6057-78.
28. Paeth, H., Capo-Chichi, A., Endlicher, W. (2008). Climate change and food security in tropical West Africa. *Erdkunde.* 2008;62: 101-15. <http://dx.doi.org/10.3112/erdkunde.2008.02.01>.
29. Peterson, TC., Folland, C., Gruza, W., Hogg, G., Mokssit, A., & Plummer, N. (2001). Report on the activities of the working group on climate change detection and related rapporteurs 1998–2001,” WMO Rep.WCDMP 47,WMO-TD 1071
30. Salack, S., Sultan, B., Oettli, P., Muller, B., Gaye, AT., Hourdin, F. (2012). Représentation de la pluie dans les modèles climatiques régionaux et application à l’estimation des rendements en mil. *Sécheresse.* 2012b;23(1).
31. Samuelsson, P., Jones, CG., Willen, U., Ullerstig, A., Gollvik, S., Hansson U, & al. (2011): The Rossby centre regional climate model RCA3:model description and performance. *Tellus A* 63: 4-23.
32. Sarr, AB., Camara, M., & Diba, I. (2015) Spatial Distribution of Cordex Regional Climate Models Biases over West Africa. *International Journal of Geosciences*, 6, 1018-1031. <http://dx.doi.org/10.4236/ijg.2015.69081>.
33. Sarr, AB., & Camara, M. (2017). Evolution des indices pluviométriques extrêmes par l’analyse de modèles climatiques régionaux du programme CORDEX : Les projections climatiques sur le Sénégal. *European Scientific Journal.* Vol.13, No.17 ISSN: 1857-7881 (print)e-ISSN1857-7431.doi:10.19044/esg.2017.v13n17p206.
34. Shrestha, M., Acharya, SC., & Shrestha, PK. (2017). Bias correction of climate models for hydrological modeling – are simple methods still useful? *Meteorol. Appl.* 24: 531–539 (2017). DOI: 10.1002/met.1655.

35. Sillmann J, Kharin V, Zwiers F, Zhang X, Bronaugh D (2013). Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 2. Future climate projections. *J Geophys Res Atmos* 118:2473–2493
36. Sylla, MB., Nikiema, PM., Gibba, P., Kebe, I., Klutse, NAB. (2016). Climate Change over West Africa: Recent Trends and Future Projections. Yaro, JA., and Hesselberg, J. (eds.), *Adaptation to Climate Change and Variability in Rural West Africa*, DOI10.1007/978-3-319-31499-0\_3.
37. Teutschbein C. and Seibert J. (2013). Is bias correction of regional climate model (RCM) simulations possible for non-stationary conditions? *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 5061–5077. doi:10.5194/hess-17-5061-2013
38. Van der Linden, P., & Mitchell, JFB. (2009). *ENSEMBLES: Climate Change and Its Impact: Summary of Research and the results from the ENSEMBLES Project*. Met Office Hadley Centre, Exeter: Toward an understanding of meditation and consciousness. Cambridge, MA: MIT Press.
39. Willkofer F., Schmid F., Komischke H., Korck J., Braun M., Ludwig R. (2018). The impact of bias correcting regional climate model results on hydrological indicators for Bavarian catchments. *J. of Hydro.:Regional Studies* 19, 25-41
40. Worku, G., Teferi, E., Bantider, A. et al. Statistical bias correction of regional climate model simulations for climate change projection in the Jemma sub-basin, upper Blue Nile Basin of Ethiopia. *Theor Appl Climatol* 139, 1569–1588 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00704-019-03053-x>
41. Zhang, X.; Alexander, L.; Hegerl, G.C.; Jones, P.; Tank, A.K.; Peterson, T.C.; Trewin, B.; Zwiers, F.W. (2011). Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.* 2, 851–870, doi:10.1002/wcc.147.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

# **Effet des Perturbations Électriques sur les Appareils de Radiologie À Rayons X À Haute Fréquence (HF) Alimentés par le Réseau Électrique Camerounais: Cas des Coupures D'Énergie**

***Kpalang Docta Basile***

Doctorant, Université de Ngaoundéré, Cameroun

CURES, Université de Yaoundé I, Cameroun

***Onanena Raïssa***

PhD, CURES, Université de Yaoundé I, Cameroun

***Ntsama Eloundou Pascal***

Maitre de Conférences, Université de Ngaoundéré, Cameroun

***Ndarwe Djakba***

PhD, Université de Douala, Cameroun

***Ele Pierre***

Professeur des Universités, CURES, Université de Yaoundé I, Cameroun

***Njaka Manyol Eric Martial***

Expert, Agence National de Radioprotection, Cameroun

***Nana Nwedjiwe Narcisse***

Ingénieur Biomédical, Hôpital Général de Douala, Cameroun

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p156](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p156)

Submitted: 02 March 2021  
Accepted: 04 October 2021  
Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)  
Under Creative Commons BY-NC-ND  
4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Kpalang D.B., Onanena R., Ntsama Eloundou P., Ndarwe Djakba, Ele P., Njaka Manyol E.M. & Nana Nwedjiwe N. (2021). *Effet des Perturbations Électriques sur les Appareils de Radiologie À Rayons X À Haute Fréquence (HF) Alimentés par le Réseau Électrique Camerounais: Cas des Coupures D'Énergie*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 156. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p156>

## **Résumé**

L'organisation Mondiale de la Santé estime que plus d'un tiers des pannes des appareils médicaux utilisés dans les pays du Sud sont causées par un réseau défaillant. Le présent article porte sur l'effet des coupures d'énergie électrique sur les appareils de radiologie à rayons X à haute fréquence, alimentés par le réseau électrique Camerounais. Des mesures des grandeurs électriques aux bornes de onze appareils de radiologie ont été effectuées à

l'aide d'un analyseur de réseau et d'un kVp mètre. Le logiciel d'analyse de données Win-PQ a permis d'analyser les données enregistrées. Les résultats montrent que, des coupures ayant eu lieu pendant la production des rayonnements X, engendrent des surtensions, ce qui augmente la quantité de rayonnement irradié au patient avec risques de blessures et détérioration d'appareillage. Ces surtensions sont d'amplitudes plus élevées lorsque les appareils fonctionnent en hyper résonance. Ceci souligne la nécessité de revoir les normes de conception et de fabrication des appareils de radiologie utilisés dans les pays du Sud dont le réseau électrique est soumis en permanence à des coupures. L'une des solutions envisageable serait de recourir aux sources d'énergies renouvelables hors réseau.

---

**Mots clés:** Radiologie, Rayons X, Coupures D'énergie Electrique, Surtension, Normes

## **Effect of Electrical Disturbances on High Frequency X-Ray Radiology (HF) Equipment Supplied by The Cameroonian Electricity Grid: Case of Power Cuts**

*Kpalang Docta Basile*

PhD student, University of Ngaoundere, Cameroon  
CURES, University of Yaounde I, Cameroon

*Onanena Raïssa*

PhD, CURES, University of Yaoundé I, Cameroon

*Ntsama Eloundou Pascal*

Lecturer, University of Ngaoundere Cameroon

*Ndarwe Djakba*

PhD, University of Douala, Cameroon

*Ele Pierre*

University Professor, CURES, University of Yaounde I, Cameroon

*Njaka Manyol Eric Martial*

Expert, National Agency for Radiation Protection, Cameroon

*Nana Nwedjiwe Narcisse*

Biomedical Engineer, Douala General Hospital, Cameroon

---

### **Abstract**

The World Health Organization estimates that more than one third of the breakdowns of medical equipment used in the countries of the South are caused by a faulty network. This paper investigates the effect of power outages on high-frequency X-ray machines powered by the Cameroonian electrical grid. Measurements of electrical quantities at the terminals of eleven X-ray

machines were made using a network analyzer and a kVp meter. Win-PQ data analysis software was used to analyze the recorded data. The results show that power cuts during the production of X-rays cause overvoltages, which increase the intensity of radiation delivered to the patient, and also the risk of injury and damage to the equipment. These surges are of higher amplitudes when the equipment is operating in hyper-resonance. This underlines the need to review the design and manufacturing standards of X-ray equipment used in countries in the South where the electrical network is permanently subject to power cuts. One of the solutions recommended would be the use of renewable energy sources off-grid system.

---

**Keywords:** Radiology, X-Rays, Power Outages, Surge, Standards

### **Introduction**

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) accorde aux dispositifs médicaux le rôle d'outils indispensables à la fourniture de soins de santé et à l'amélioration de la santé des populations. En 2007, l'OMS a mis en place le projet Dispositifs Médicaux Prioritaires (DMP) pour déterminer si les dispositifs médicaux actuellement sur le marché mondial répondaient aux besoins des prestataires de soins de santé et des patients dans le monde entier. Ce projet visait à identifier les lacunes sur le marché des dispositifs médicaux et les obstacles potentiels à l'utilisation optimale des dispositifs médicaux en tant qu'outils de santé publique et à proposer des mesures correctives basées sur des données objectives (Organisation Mondiale de la Santé, 2012).

L'OMS estime que les appareils électriques des hôpitaux des pays du Sud proviennent à 95% de l'Europe (MAINSAH, 2008) (MALKIN, 2007). Ils sont par conséquent conçus sur la base des standards Européens. Ces standards sont développés selon les conditions climatiques, culturelles et même politiques Européennes qui ne sont pas toujours adaptées pour l'Afrique. Toujours selon l'OMS, 70% d'équipement médical venant des nations les plus développées ne fonctionne pas dans les hôpitaux des pays en voie de développement (P. HEIMANN, 2000).

Des études menées dans le cadre du programme de l'OMS montrent que dans trente-trois (33) hôpitaux de dix (10) pays en voie de développement, près d'un tiers des pannes d'équipements médicaux sont causées par l'instabilité des réseaux électriques. Tout ceci fait ressortir la problématique de l'inadéquation de ces appareils aux contextes des pays en développement (World Health Organization, 2010) (J. F. ATEBA, 2017). Pourtant, la déclaration d'Alma-Ata en 1978 (Organisation Mondiale de la Santé, 2006) de l'OMS a insisté sur l'importance de la technologie médicale appropriée, dans la délivrance de soins de santé qui a été reprise dans le projet DMP. Du fait de cette inadéquation, des résultats erronés, donnés par un dispositif

médical peuvent être à l'origine d'un mauvais diagnostic et par conséquent mettre en danger la vie des patients ou du personnel médical. De même, cette inadéquation est à l'origine de la durée de vie réduite de ces équipements importés dont 96% ne sont plus fonctionnels après cinq ans de services (MOHR, 1987).

Certes, plusieurs travaux de recherches (Bretagne Commerce International, 2019) ont désigné l'instabilité du réseau électrique comme sources de pannes de ces appareils dans les pays en voie de développement, mais n'ont pas déterminé avec précision les perturbations (creux de tension, baisse de tension, coupure d'énergie, etc.) qui seraient à l'origine de cette situation.

Des informations recueillies auprès des ingénieurs biomédicaux des services de maintenance, de plusieurs hôpitaux au Cameroun montrent que plusieurs pannes liées à la destruction des générateurs des appareils de radiologie ont eu lieu pendant une coupure d'énergie électrique. Une coupure pouvant être définie comme une chute de tension supérieure à 90% de la valeur nominale, d'une durée inférieure à une minute si elle est brève ou supérieure à une minute si elle est longue (Philippe, 2001) (IGNATOVA, 2006).

En effet, les professionnels de la santé font souvent d'utiles suggestions pour améliorer les dispositifs médicaux (MALKIN, 2007). Malheureusement, le principal obstacle auquel ils se heurtent est d'amener leurs idées aux stades de la conception, de l'essai et de la fabrication (Organisation Mondiale de la Santé, 2020). Pourtant les pays émergents constituent un marché important pour les grands fabricants mondiaux de dispositifs médicaux.

L'objectif du présent travail est de mener une étude scientifique, sur le fonctionnement des appareils de radiologie à haute fréquence sur le réseau Camerounais. Il sera précisément question d'étudier le comportement de ces appareils lors d'une coupure d'énergie électrique, pendant la phase de production des rayons X afin de comprendre les raisons de ces pannes régulières décriées par les professionnels de santé. Pour répondre à cet objectif, la première section de cet article décrit le matériel d'expérimentation et les méthodes utilisés. La seconde section est consacrée à la présentation des résultats de mesures effectuées. Et la dernière section est dédiée aux discussions.

## **Matériel et Méthodes**

### **Matériel**

Dans le cadre de ce travail, ont été utilisé le matériel suivant :

- un analyseur de réseau, le PQ Box 100 de A-Eberle, qui a servi à enregistrer les différentes perturbations, et son logiciel d'analyse de données WinPQ qui a permis d'analyser les enregistrements ;

- ordinateur portable ;
- fiches d'enquêtes ;
- kVp mètre de marque DIAVOLT, propriété de l'Agence Nationale de Radioprotection (ANRP) qui a permis de mesurer les tensions d'alimentation des tubes afin d'observer leur évolution.
- et des appareils de radiologie qui ont fait l'objet de cette étude.

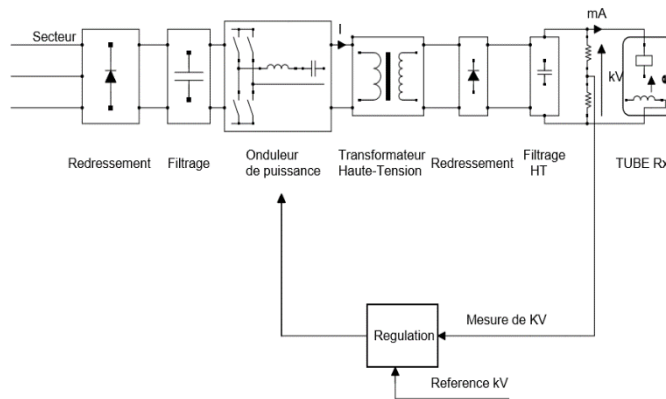
## **Méthodes**

Cette étude s'est effectuée dans une dizaine d'hôpitaux Camerounais issus de quatre régions du pays (Centre, Sud, Ouest et Littoral), sur onze appareils de radiologie fonctionnant à haute fréquence entre Août 2018 et Août 2019 puis entre Décembre 2020 et Janvier 2021.

Le synoptique d'ensemble de la chaîne de puissance d'un appareil de radiologie est donné à la Figure 1. L'analyse de cette figure permettra d'étudier et d'interpréter le comportement de l'appareil face aux perturbations électriques du réseau, à partir de l'alimentation jusqu'à la haute tension (kV) appliquée aux bornes du tube à rayons X. Cette analyse permettra aussi de circonscrire les termes essentiels à cette étude. En effet, l'objectif de ces appareils étant de produire les rayons X qui serviront à donner une image d'un organe particulier du patient, étudier ces équipements revient à étudier le cycle de production de ces rayonnements.

De manière générale, le fonctionnement du circuit d'alimentation du tube est le suivant :

L'alimentation est faite par le réseau triphasé BT d'ENEO (Entreprise qui gère la distribution de l'énergie électrique). Cette tension du réseau est redressée par un pont de 6 diodes (PD3) puis filtrée afin de réduire l'ondulation de la tension redressée. La tension redressée et filtrée, alimente alors un onduleur résonant, dont le rôle est de générer à sa sortie un courant alternatif de haute fréquence. Ce courant alternatif de haute fréquence permet d'alimenter le primaire d'un transformateur HT/HF. Le courant secondaire est redressé et filtré. Enfin, la tension ainsi obtenue est appliquée aux bornes du tube ce qui lui permettra de produire les rayons X pour irradier le patient.



**Figure 1.** Synoptique d’ensemble de la chaîne de puissance d’un appareil de radiologie à rayons x à HF (LAEUFFER, 1997)

Le principe de fonctionnement des générateurs à haute fréquence est basé sur la relation entre la tension du secondaire ( $U_2$ ) et la fréquence ( $f$ ) à l’entrée du transformateur, à savoir la formule de Boucherot (L. ALLAY, 1993):

$$U_2 = 4,44 N_2 \hat{B} S f \tag{1}$$

$N_2$  étant le nombre de spires du bobinage secondaire,  $B$  le champ magnétique maximal et  $S$  la section du circuit magnétique.

Cette relation de proportionnalité permet de comprendre que la variation de la fréquence à la sortie de l’onduleur entraîne la variation de la tension au secondaire du transformateur et donc de la tension d’alimentation du tube à rayons X.

### Tension d’alimentation

La tension BT livrée par ENEO aux consommateurs Camerounais est constituée de trois tensions simples (phase-neutre) (Ministère de l’Eau et de l’Energie-Cameroun, 2009), régies par les équations ci-dessous :

$$v_1(t) = V_M \sin(2\pi ft) \tag{2}$$

$$v_2(t) = v_M \sin\left(2\pi ft + \frac{2\pi}{3}\right) \tag{3}$$

$$v_3(t) = v_M \sin\left(2\pi ft + \frac{4\pi}{3}\right) \tag{4}$$

$f=50Hz$  étant la fréquence du réseau,  $V_{eff} = 220V$  étant la valeur efficace de la tension et  $V_M$  la valeur maximale de la tension en V;

$$V_M = V_{eff} \sqrt{2} \tag{5}$$



**Tableau 1.** Valeurs normalisées des tensions efficaces du réseau (Ministère de l’Eau et de l’Energie-Cameroun, 2009)

Tensions efficaces	Valeurs en volt	Précision
Simplees ( $V_{eff}$ )	220	$\pm 10\%$
Composées ( $U_{eff}$ )	380	$\pm 10\%$

**Tableau 2.** Valeurs normalisées des tensions maximales du réseau

Tensions maximales ( $V_M$ )	Valeurs en volt	Précision
Simplees	311	$\pm 10\%$

### Tension redressée (PD3)

Pour un PD3, redressement à 6 pulsations, les grandeurs caractéristiques de la tension redressée, c’est-à-dire les tensions moyenne ( $V_{c.moy}$ ) et efficace ( $V_{c. eff}$ ) sont respectivement (ZELLOUMA, 2006):

$$V_{c.moy} = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{6}} V_c(t) dt = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_M = \frac{3\sqrt{3}\sqrt{2}}{\pi} V_{eff} \quad (6)$$

$$V_{c. eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{6}} V_c^2(t) dt} = \sqrt{3} V_{eff} \sqrt{\left(1 + \frac{3\sqrt{3}}{2\pi}\right)} \quad (7)$$

### Onduleur résonant

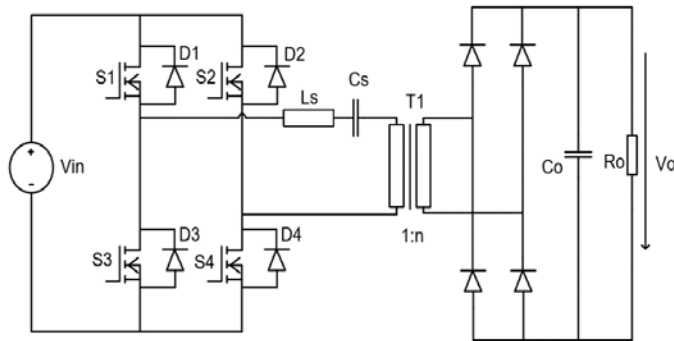
Les onduleurs à résonance sont apparus principalement grâce à la nécessité de développer des alimentations hautes fréquences pour :

- les systèmes de chauffage par induction ;
- les générateurs de rayons X.

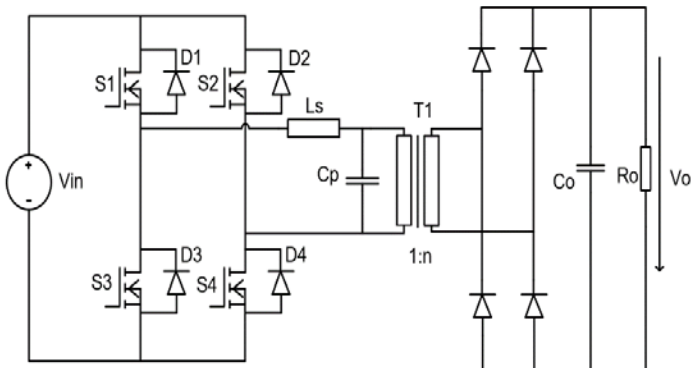
Il existe trois grandes familles des onduleurs à résonance (HELAIMI, 2014):

- Les onduleurs en pont en H;
- les onduleurs en demi-pont;
- les onduleurs à deux circuits oscillants;

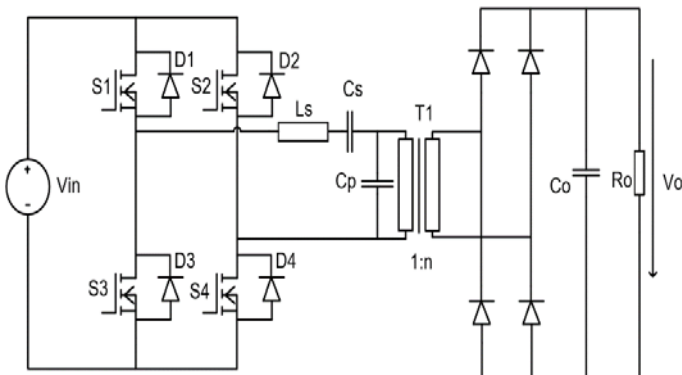
L’onduleur en pont en H est celui utilisé dans le cas étudié. En fonction de la disposition des composants de résonance, on peut citer :



**Figure 2.** Onduleur série (CAVALCANTE, 2006)



**Figure 3.** Onduleur parallèle (CAVALCANTE, 2006)



**Figure 4.** Onduleurs série-parallèle (CAVALCANTE, 2006)

Dans le domaine médical, plusieurs topologies d'onduleurs à résonance ont été développées ces dernières années en s'appuyant sur ces trois types ci-dessus cités, dans l'objectif de rendre les générateurs encore plus performants. Peuvent ainsi être cités : les onduleurs résonants LCLC, les

onduleurs séries- parallèles LCC et les onduleurs multiniveaux (ZELLOUMA, 2006) (CAVALCANTE, 2006)

Dans le but de simplifier cette étude, et de bien circonscrire des notions essentielles à ce travail, la réflexion a été menée dans cette partie au tour de l'onduleur série.

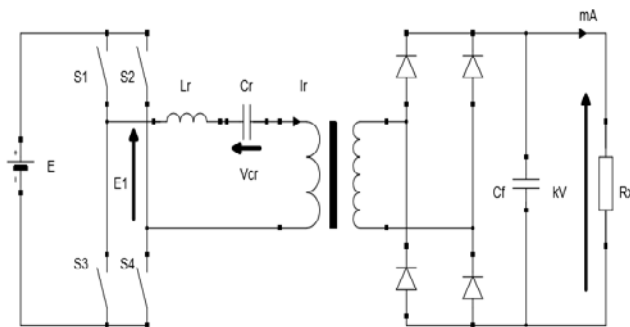
La Figure 5 ci-dessous représente le schéma simplifié du système en tenant compte de la source alternative déjà redressée.

Circuit résonant: ( $L_r$ ,  $C_r$ ) ;

$f_c$ = fréquence de commutation des interrupteurs IGBT ;

$f_r$ = fréquence propre du circuit résonant ;

$Z$  : impédance du circuit résonant



**Figure 5.** Schéma d'un convertisseur à résonance série

Ces convertisseurs résonants peuvent fonctionner en :

- hyper-résonance :  $f_c > f_r$

La source  $E_1$  voit une charge globalement inductive, et est en avance de phase sur le courant  $i_r$  (LAEUFFER, 1997). Le caractère sélectif du filtre LC autour de  $f_r$  fait que  $i_r$  soit quasiment sinusoïdal (FOREST, 1999).

Soient :

$v_e = E_1$  = tension de sortie de l'onduleur ;

$E = V_{Ceff}$  = valeur efficace de la tension redressée en BT ;

$i_e = i_r$  = courant dans le circuit oscillant  $L_r C_r$  ;

$v_{Cr}$  = tension aux bornes du condensateur ;

$v_r$  = tension aux bornes de l'ensemble  $L_r C_r$  ;

$v_s$  = tension aux bornes du tube à rayon x ;

$i_r$  = courant dans le circuit oscillant ;

$V_{eff}$  = tension efficace du réseau.

En considérant l'origine des temps identique au début de chaque phase (FOREST, 1999):

$$i_e = I \sin(\omega_r t + \phi) \quad (8)$$

$I$  étant la valeur maximale du courant  $i_e$ ,  $\omega_r$  la pulsation du circuit résonant et  $\phi$  la phase à l'origine.

$$\omega_r = 2\pi f_r = \frac{1}{\sqrt{L_r C_r}} \quad (9)$$

On démontre que (FOREST, 1999):

$$V_s = mE \frac{-Q(1 + \cos\theta) + \sqrt{2Q^2(1 + \cos\theta) + (1 - \cos^2\theta)^2}}{(1 - \cos\theta) + Q^2(1 + \cos\theta)} \quad (10)$$

Avec

$$\theta = \pi \frac{f_r}{f_c} \quad (11)$$

et

$$Q = \frac{\pi m^2}{2R_x} \sqrt{\frac{L_r}{C_r}} \cdot \frac{f_r}{f_c} \quad (12)$$

En remplaçant  $E$  par son expression de l'équation (7), on obtient :

$$V_s = m\sqrt{3} \cdot V_{eff} \sqrt{\left(1 + \frac{3\sqrt{3}}{2\pi}\right) \frac{-Q(1 + \cos\theta) + \sqrt{2Q^2(1 + \cos\theta) + (1 - \cos^2\theta)^2}}{(1 - \cos\theta) + Q^2(1 + \cos\theta)}} \quad (13)$$

### Hypo- résonance : $f_c < f_r$

La Source  $E_1$  voit une charge globalement capacitive, la tension  $E$  est en retard de phase sur le courant  $I_r$  (LAEUFFER, 1997).

En faisant le même raisonnement que précédemment, on a (FOREST, 1999) :

$$V_s = mE \frac{Q(1 + \cos\theta) + \sqrt{2Q^2(1 + \cos\theta) + (1 - \cos\theta)^2}}{(1 - \cos\theta) + Q^2(1 + \cos\theta)} \quad (14)$$

En remplaçant  $E$  par son expression de l'équation (7), on obtient :

$$V_s = m\sqrt{3} \cdot V_{eff} \sqrt{\left(1 + \frac{3\sqrt{3}}{2\pi}\right) \frac{Q(1 + \cos\theta) + \sqrt{2Q^2(1 + \cos\theta) + (1 - \cos\theta)^2}}{(1 - \cos\theta) + Q^2(1 + \cos\theta)}} \quad (15)$$

La tension de sortie, dans les deux cas est proportionnelle à la tension efficace du réseau.

Elle est aussi fonction du rapport de transformation  $m$  du transformateur HT/HF, des fréquences de résonance et de commutation des interrupteurs et enfin de la charge à alimenter.

Donc, toute variation de la valeur efficace ou maximale de la tension du réseau, pourrait modifier la tension aux bornes du tube à rayons X. C'est la

raison pour laquelle le système de régulation des HT, qui est comme son nom l'indique, chargé de réguler la tension de sortie en fonction des consignes y est monté.

Cependant, en dépit de la présence des systèmes de régulation HT, les experts Camerounais reconnaissent à l'unanimité l'influence des coupures et des baisses de tension sur le fonctionnement des appareils de radiologie à HF. Dans le cadre de ce travail, seul le cas des coupures a été abordé.

Le **Tableau 3** ci-dessous donne les valeurs des précisions normalisées des tensions (kV) d'alimentation des tubes à rayons X utilisées par l'ANRP.

**Tableau 3.** Précisions normalisées des tensions kV utilisées lors des séances de contrôle qualité des appareils de radiologie conventionnelle (NJIKI Calvin Didier, 2018)

Paramètre	bon	normal	mauvais
Précisions des tensions (kV)	≤ 5%	≤ 10%	> 10%

La méthodologie mise en œuvre se décline en trois points :

- une enquête portant sur l'effet des coupures d'énergie électrique sur les appareils de radiologie à rayons X, auprès du personnel de santé ;
- des mesures des grandeurs électriques (courants, tensions, etc.) entrant dans la production des rayons X ;
- l'étude/analyse des données recueillies.

Etant donné l'importance et le coût élevé de ces appareils, aucun hôpital n'a accepté une quelconque simulation volontaire d'une coupure. Pour cette raison, cette étude s'est faite dans les conditions de fonctionnements habituels des appareils étudiés.

## Résultats

Le résultat des enquêtes menées auprès des professionnels des services de radiologie et de maintenance est récapitulé dans le **Tableau 4**.

En effet, en dehors de quelques nouvelles recrues qui n'ont pas pris position, à l'unanimité tout le personnel des hôpitaux Camerounais où l'enquête a été effectuée a reconnu que les pannes des appareils de radiologie de ces dernières années ont été en grande partie causées par les coupures d'énergie électrique.

**Tableau 4.** Résultat de l'enquête menée auprès du personnel médical des hôpitaux où s'est déroulée cette étude

Services	Personnel ayant participé à l'enquête	Personnel ayant reconnu des pannes causées par des coupures	
		Effectif	Pourcentage
Maintenance biomédicale	24	23	95,8%
Service de radiologie	68	66	97%

Le **Tableau 5** donne les valeurs, les précisions et les observations des mesures faites avec le kVp mètre. Les valeurs des tensions fixées sur le pupitre de commande sont celles qui sont les plus utilisées lors de la réalisation des images. Le nombre d'essai effectué par appareil dans le **Tableau 5** est fixé par les experts de l'ANRP dans le cadre des contrôles qu'ils effectuent selon le protocole officiel de l'Agence. Le kVp mètre, de marque Diavolt, utilise les énergies des rayonnements émis pour déterminer la valeur de la tension (kV) qui a permis leur production.

Nous observons au **Tableau 5** que trois (03) essais ont fourni des tensions en dehors de la marge de 10% prévu au **Tableau 3** :

- appareil 2, essai 3 : 18,7%
- appareil 3, essai 4 : 16,1%
- appareil 9, essai 4 : 12,2%.

Ces dépassements nous informent de l'apparition des surtensions pendant ces essais respectifs. De plus le **Tableau 5** fait état des coupures d'énergie à ces instants.

En somme, il y a eu apparition des surtensions pendant les coupures, ce qui n'est pas le cas pour les essais qui se sont terminés sans aucun incident.

**Tableau 5.** Mesures effectuées avec le kVp mètre

	Tension fixée sur le pupitre (kV)	Tension maximale mesurée (kV)	Précision des tensions maximales mesurées	Coupure pendant la mesure.	Observation
Appareil 1	70	71,0	1,43%	Non	Bon
		70,7	1%	Non	Bon
		71,2	1,7%	Non	Bon
		70,0	0%	Non	Bon
		71,0	1,4%	Non	Bon
Appareil 2	70	71,0	1,4 %	Non	Bon
		70,8	1,1 %	Non	Bon
		<b>83,1</b>	<b>18,7 %</b>	<b>Oui</b>	<b>Mauvais</b>
		72,0	2,9 %	Non	Bon
		71,1	1,6 %	Non	Bon
	100	102	2%	Non	Bon
		101,8	1,8%	Non	Bon
Appareil 3	70	72,1	3%	Non	Bon
		72,0	2,9 %	Non	Bon
		71,7	2,4%	Non	Bon
		<b>81,3</b>	<b>16,1%</b>	<b>Oui</b>	<b>Mauvais</b>
		70,9	1,3%	Non	Bon
	70	72,6	3,71	Non	Bon
		72,7	3,86	Non	Bon
		72,7	3,86	Non	Bon
		72,7	3,86	Non	Bon

Appareil 4	81	72,8	4,00	Non	Bon
		85,9	6%	Non	Bon
		86	6,2%	Non	Bon
		85,8	5,9%	Non	Bon
		86	6,2%	Non	Bon
		85,8	5,9%	Non	Bon
Appareil 5	100	94,3	5,7	Non	Bon
		94,3	5,7	Non	Bon
		94,0	6,0	Non	Bon
Appareil 6	28	30,1	7,5%	Non	Bon
		30,0	7,1%	Non	Bon
		30,1	7,5%	Non	Bon
		30,1	7,5%	Non	Bon
		30,0	7,1%	Non	Bon
	30	32,2	7,3%	Non	Bon
		32,2	7,3%	Non	Bon
		32,2	7,3%	Non	Bon
32,2		7,3%	Non	Bon	
Appareil 7	60	59	-1,7%	Non	Bon
		59	-1,7%	Non	Bon
		59,1	-1,8%	Non	Bon
	80	78,3	-2,1%	Non	Bon
		78,3	-2,1%	Non	Bon
		78,3	-2,1%	Non	Bon
	100	94,3	-5,7%	Non	Bon
		94,3	-5,7%	Non	Bon
94		-6%	Non	Bon	
Appareil 8	60	60,5	0,8%	Non	Bon
		60,1	0,2%	Non	Bon
		60,6	1%	Non	Bon
	80	81,8	2,2%	Non	Bon
		81,0	1,2%	Non	Bon
		82,3	2,8%	Non	Bon
	100	103,1	3,1%	Non	Bon
		103,1	3,1%	Non	Bon
103,0		3%	Non	Bon	
Appareil 9	60	60,0	0%	Non	Bon
		59,9	-0,2%	Non	Bon
		60,0	0%	Non	Bon
	80	80,1	0,1%	Non	Bon
		80,1	0,1%	Non	Bon
		80,0	0%	Non	Bon
		<b>89,8</b>	<b>12,2%</b>	<b>Oui</b>	<b>Mauvais</b>
	100	101,7	1,7%	Non	Bon
		101,8	1,8%	Non	Bon
101,5		1,5%	Non	Bon	
		71,0	1,4	Non	Bon

Appareil 10	70	71,2	1,7%	Non	Bon
		71,2	1,7	Non	Bon
	102	101,6	0,4%	Non	Bon
		101,6	0,4%	Non	Bon
		101,6	0,4%	Non	Bon
Appareil 11	70	71,1	1,6%	Non	Bon
		70,9	1,3%	Non	Bon
		71,0	1,4%	Non	Bon
	125	127,5	2%	Non	Bon
		127,3	1,8%	Non	Bon
		127,5	2%	Non	Bon

Il a été décidé après ce constat d'utiliser pour la suite de l'étude un analyseur de réseau afin de s'assurer qu'il ne s'agissait pas des erreurs de mesure. Ce dernier permet quant à lui d'obtenir les informations sur l'évolution des grandeurs électriques (Courants, tensions, fréquences, puissances etc.) aux bornes des appareils étudiés en cas de perturbation électrique.

Le **Tableau 6** présente les valeurs maximales des tensions (simples) d'alimentations des appareils de radiologie, enregistrées par l'analyseur de réseau pendant la production des rayons X.

Le **Tableau 6** montre qu'un essai de l'appareil 3 se retrouve hors de la marge de précision de 10% prévue au **Tableau 2**, Avec des précisions de 74% et 75,4% respectivement sur la deuxième et troisième phase. Ces dépassements nous informent de l'apparition d'une surtension pendant cet essai.

De plus le **Tableau 6** souligne qu'il y a eu coupure pendant cet essai. Ce constat signifie que la coupure d'énergie est la cause de cette surtension. Par contre, aux autres essais où il n'y a pas eu de coupure, aucune surtension n'a été observée.

**Tableau 6.** Mesures effectuées avec l'analyseur de réseau

	Coupure	Tension maximale normalisée ( $V_M$ )	Tension maximale mesurée ( $V_M$ )	Précision des tensions	Coupure Pendant le fonctionnement	Observations	
						Bon	Bon
Appareil 1	1	311	312,1	0,3%	Non	Bon	Bon
			311,9	0,3%		Bon	
			311	0%		Bon	
	2	311	308,8	-0,7%	Non	Bon	Bon
			310,1	-0,3%		Bon	
			307	-1,3%		Bon	
	3	311	311,2	0,06%	Non	Bon	Bon
			309	-0,6%		Bon	
			309,7	-0,4%		Bon	
			310	-0,3%		Bon	

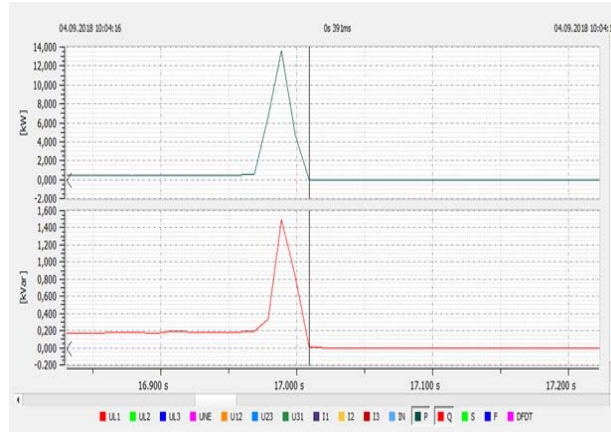


Appareil 2	1	311	308	-0,9%	Non	Bon	Bon
			308,9	-0,7%		Bon	
Appareil 3	1	311	309,6	-0,4%	Oui	Bon	Mauvais
			<b>540,4</b>	<b>74%</b>		<b>Mauvais</b>	
			<b>545,6</b>	<b>75,4%</b>		<b>Mauvais</b>	
	2	311	309	-0,64%	Non	Bon	Bon
			310	-0,32%		Bon	
			309,5	-0,48%		Bon	
	3	311	314,6	1,15%	Non	Bon	Bon
			316,6	1,8%		Bon	
			315,9	1,57%		Bon	
	4	311	310	-0,3%	Non	Bon	Bon
			313,6	0,83%		Bon	
			311,4	0,13%		Bon	
	5	311	312,3	0,42%	Non	Bon	Bon
			314,6	1,16%		Bon	
312,4			0,45%	Bon			
Appareil 4	1	311	309	-0,64%	Non	Bon	Bon
			310,5	-0,2%		Bon	
			309,9	-0,35%		Bon	
Appareil 5	1	311	305,2	-1,8%	Non	Bon	Bon
			307,2	-1,2%		Bon	
			306,7	-1,4%		Bon	
	2	311	298,9	-3,8%	Non	Bon	Bon
			302	-2,9%		Bon	
			300,7	-3,3%		Bon	
	3	311	299,7	-3,6%	Non	Bon	Bon
			302,8	-2,6%		Bon	
			301,7	-3%		Bon	
	4	311	301,8	-3%	Non	Bon	Bon
			318	2,2%		Bon	
			303,6	-2,4%		Bon	
	5	311	300,2	-3,5%	Non	Bon	Bon
			297,7	-4,3%		Bon	
			298,4	-4%		Bon	
	6	311	281,6	-9,4%	Non	Bon	Bon
			283,7	-8,7%		Bon	
			281,8	-9,4%		Bon	
	7	311	283,3	-8,9%	Non	Bon	Bon
			285,7	-8,1%		Bon	
			284,3	-8,6%		Bon	
	8	311	305,1	-2%	Non	Bon	Bon
			308	-1%		Bon	
			305,4	-1,8%		Bon	
	9	311	307,8	-1%	Non	Bon	Bon
			314,4	-1,1%		Bon	
			309,8	-0,4%		Bon	

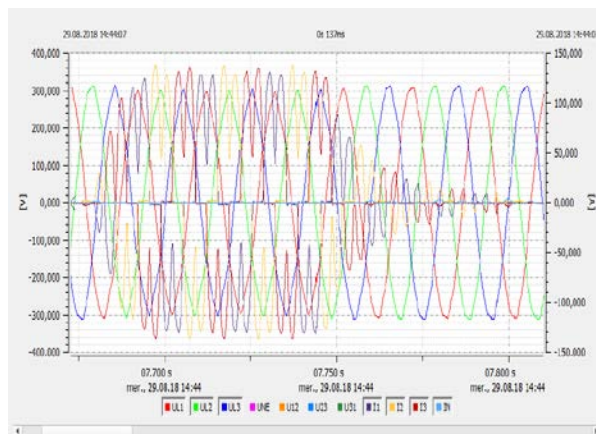
	10	311	304,7	-2%	Non	Bon	Bon
			307,8	-1%		Bon	
			309	-0,6%		Bon	
	11	311	302,3	-2,8%	Non	Bon	Bon
			304,2	-2,2%		Bon	
			301,7	-3%		Bon	
	12	311	302,8	-2,6%	Non	Bon	Bon
			305	-2%		Bon	
			303,3	-2,5%		Bon	
Appareil 6	1	311	281,5	-9,5%	Bon	Bon	Bon
			283,5	-8,8%		Bon	
			284,6	-8,5%		Bon	
	2	311	281	-9,6%	Non	Bon	Bon
			281,3	-9,5%		Bon	
			282,8	-9%		Bon	
	3	311	307	-1,2%	Non	Bon	Bon
			293,4	-5,6%		Bon	
			295	-5,1%		Bon	
	4	311	300	-3,5%	Non	Bon	Bon
			303,6	-2,3%		Bon	
			301,7	-3%		Bon	
	5	311	302,2	-2,82%	Non	Bon	Bon
			305,5	-1,7%		Bon	
			303,1	-2,5%		Bon	
	6	311	300	-3,5%	Non	Bon	Bon
			298,1	-4,1%		Bon	
			300,8	-3,2%		Bon	
	7	311	300,6	-3,3%	Non	Bon	Bon
			303,5	-2,4%		Bon	
			302,2	-2,8%		Bon	
	8	311	285,2	-8,3%	Non	Bon	Bon
			288	-7,4%		Bon	
			297,5	-4,3%		Bon	
	9	311	302	-2,9%	Non	Bon	Bon
			303,6	-2,4%		Bon	
			302,2	-2,8%		Bon	
	10	311	298,4	-4%	Non	Bon	Bon
			302,3	-2,8%		Bon	
			300,5	-3,4%		Bon	
Appareil 7	1	311	314,2	1%	Non	Bon	Bon
			317,3	2%		Bon	
			315,6	1,5%		Bon	
	2	311	307,3	-1,2%	Non	Bon	Bon
			307,5	-1,1%		Bon	
			308,3	-0,9%		Bon	
	3	311	300,1	-3,5%	Non	Bon	Bon
			302	-2,9%		Bon	
			302,4	-2,8%		Bon	

Appareil 8	1	311	299,1	-3,8%	Non	Bon	Bon
			306	-1,6%		Bon	
			308	-1%		Bon	
	2	311	311,1	0,03%		Bon	Bon
			310	-0,3%		Bon	
			312	0,3%		Bon	
Appareil 9	1	311	313,7	0,9%	Non	Bon	Bon
			312,8	0,6%		Bon	
			312,2	0,4%		Bon	
	2	311	308,4	-0,8%	Non	Bon	Bon
			307	-1,3%		Bon	
			309,1	-0,6%		Bon	
Appareil 10	1	311	306	-1,6%	Non	Bon	Bon
			306,4	-1,5%		Bon	
			308,5	-0,8%		Bon	
	2	311	310,6	-0,1%	Non	Bon	Bon
			309,1	-0,6%		Bon	
			309,5	-2,7%		Bon	
Appareil 11	1	311	311,9	0,3%	Non	Bon	Bon
			313,1	0,7%		Bon	
			310	-0,3%		Bon	
	2	311	311	0%	Non	Bon	Bon
			310,2	-0,2%		Bon	
			309	-0,6%		Bon	
	3	311	294	-5,5%	Non	Bon	Bon
			292,3	-6%		Bon	
			289	-7%		Bon	
	4	311	306,1	-1,6%	Non	Bon	Bon
			308,9	-0,7%		Bon	
			310	-0,3%		Bon	
	5	311	312,6	0,5%	Non	Bon	Bon
			313,1	0,7%		Bon	
			314,1	1%		Bon	
	6	311	308,8	-0,7%	Non	Bon	Bon
			310,3	-0,2%		Bon	
			309,5	-0,5%		Bon	

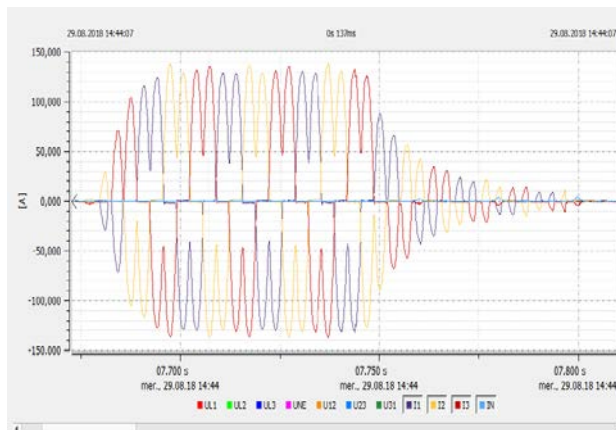
En somme, il y a apparition des surtensions lors des coupures d'énergie ayant eu lieu pendant la production des rayons X cela se vérifie dans les deux cas.



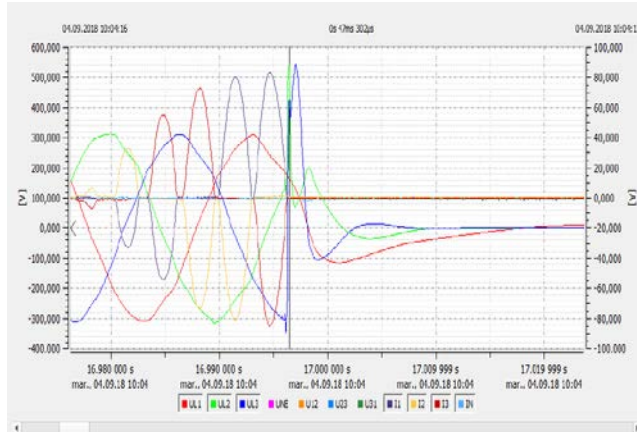
**Figure 6.** Evolution des puissances active et réactive lors de la coupure d'énergie pendant la phase de production des rayons X



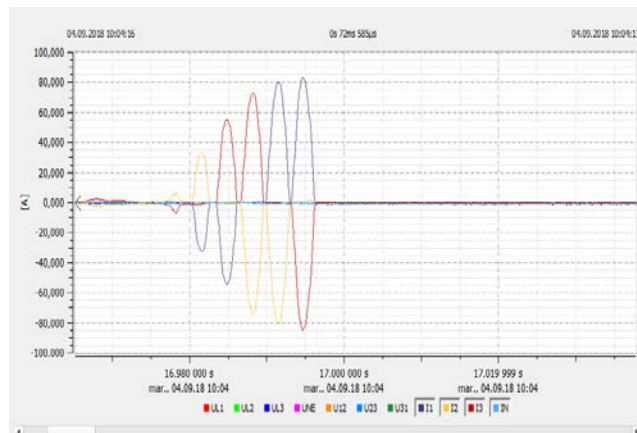
**Figure 7.** Evolution des courants et tensions instantanés pendant la phase de production des rayons X



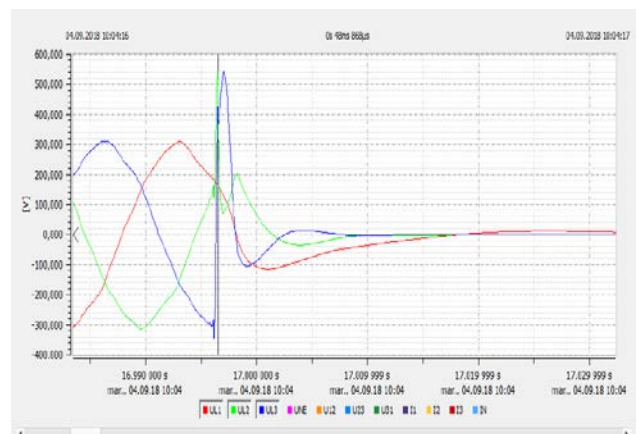
**Figure 8.** Evolution des courants pendant la phase de production des rayons X



**Figure 9.** Evolution des courants et tensions instantanés lors d'une coupure d'énergie pendant la phase de production des rayons X (appareil 3, essai 1)



**Figure 10.** Evolution des courants lors de la coupure d'énergie pendant la phase de production des rayons X : surtension (appareil 3, essai 1)



**Figure 11.** Evolution des tensions lors de la coupure d'énergie pendant la phase de production des rayons X : surtension (appareil 3, essai 1, Tableau 6)

## Discussion

La scrutation de l'évolution de la puissance réactive sur la **Figure 6** montre qu'à l'instant de l'enregistrement elle est positive. Cela signifie que la partie réactive de cet appareil est inductive et donc ne tolère pas de discontinuité du courant (AZAN.J, 1993). Cela signifie qu'il fonctionne en hyper-résonance.

Les **Figures 7** et **8** présentent respectivement les courbes des tensions et courants et, les courbes des courants des trois phases pendant le fonctionnement normal de cet appareil de radiologie.

L'atteinte des fréquences de commutation élevées, nécessite l'utilisation des montages dans lesquels tous les interrupteurs fonctionnent en commutation douce (G. SEGUIER, 2015). Il s'agit alors d'assurer une commutation (ouverture ou fermeture) commandée, fortement adoucie par passage du courant par zéro dans l'interrupteur (zero current switching, ZCS) ou par passage par zéro de la tension aux bornes de l'interrupteur (zero voltage switching, ZVS) (G. SEGUIER, 2015). Dans tous les cas, une commutation adoucie nécessite l'annulation de la tension et/ou du courant. Ces dispositifs (ou circuits) d'aide à la commutation permettent pendant le fonctionnement des convertisseurs, de réduire ou d'annuler les pertes à la commutation (G. SEGUIER, 2015) (Imed, 2020). Dans les cas étudiés, les coupures d'énergie se sont produites pendant le fonctionnement des appareils après l'enclenchement du processus de production des rayons X. Ces coupures étant des événements, l'analyseur de réseau a enregistré les **Figures 6, 9, 10** et **11** représentent respectivement les allures des puissances consommées, des courants et tensions, des courants et enfin des tensions.

La lecture des **Figures 9** et **11** montre qu'il y a apparition, des surtensions instantanées où les valeurs crêtes (maximales) des trois tensions simples sont  $V_{L1M} = 309,6V$  (bon),  $V_{L2M} = 540,4V$  (mauvais) et  $V_{L3M} = 545,6V$  (mauvais).

Les **Figures 9** et **10** montrent à la fin du cycle que l'annulation des courants n'est pas progressive comme sur la **Figure 7**.

En effet une inductance se comporte comme un réservoir d'énergie électrique. Une charge inductive d'inductance  $L$ , parcouru par une intensité  $i(t)$  accumule une énergie électromagnétique  $w(t)$  (AZAN.J, 1993) donnée par :

$$w(t) = \frac{1}{2} Li^2(t) \quad (16)$$

$$w(t) = \frac{1}{2L} \Phi^2 \quad (17)$$

$\Phi$  étant le flux magnétique.

$$\Phi = Li(t) \quad (18)$$

Cette énergie emmagasinée doit être évacuée de façon convenable avant la mise en arrêt de la dite charge. Il serait alors inadéquat de la libérer brutalement car, cela impliquerait une variation brutale (rapide) du flux magnétique synonyme d'apparition d'une surtension (Imed, 2020). Cette énergie étant proportionnelle au carré du flux magnétique comme l'indique l'**Equation (17)**, sa libération brutale équivaut à une variation rapide de ce flux d'où l'apparition d'une surtension  $e$  :

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (19)$$

Cet inconvénient est généralement évité par l'utilisation d'un circuit d'aide à la commutation (CALC) abordé plus haut, qui assure le passage du courant si l'interrupteur correspondant est ouvert (Akpé, 1996).

Dans les cas présents, les appareils étant en fonctionnement, certains interrupteurs des onduleurs à résonance étaient fermés à l'instant des coupures. Les énergies emmagasinées se sont alors évacuées brutalement et, principalement à travers ces interrupteurs dès la disparition de la tension d'alimentation, ce qui n'a pas permis aux CALC de les éliminer convenablement. Les libérations brutales (rapides) de ces énergies dans les circuits en amont des charges ont donc engendré les variations rapides des flux magnétiques et donc des courant  $i_e$  à la sortie des onduleurs. Ce qui explique l'apparition des surtensions qui ont été enregistrées par les appareils de mesure, illustrés aux **figures 9 et 11**.

Cette situation corrobore avec certains travaux menés sur les hacheurs alimentant des charges inductives qui attestent que, lorsqu'un dispositif d'alimentation s'éteint rapidement, l'énergie accumulée dans l'inductance est dissipée dans l'interrupteur statique cela provoque une surtension à travers le dispositif (Akpé, 1996). Ce qui explique le constat du personnel de santé sur les pannes des appareils de radiologie pendant les coupures.

Le flux étant proportionnel au courant comme indiqué à l'**Equation (18)**, sa variation rapide est équivalente à une variation rapide du courant.

Le but des onduleurs à résonance est de permettre aux semi-conducteurs de puissance de se placer à des positions plus favorables lors de leurs commutations en réduisant les  $\frac{di}{dt}$  et les  $\frac{dv}{dt}$  (LAEUFFER, 1997). Cependant le présent travail a permis de comprendre que pour ces appareils triphasés à haute fréquence, équipés d'onduleurs à résonance, les coupures d'énergie restent un problème car celles-ci engendrent des surtensions qui peuvent détruire les composants, le tube à rayons X ou d'autres charges connectées au même point d'alimentation. Ces surtensions peuvent être aussi dangereuses pour le patient, le manipulateur et l'environnement car, elles peuvent engendrer des rayonnements de très hautes énergies, dangereux pour



les êtres vivants (Stephanix radiological solutions, 2015). En somme, cette situation est très complexe car l'implémentation de la radioprotection demeure approximative en Afrique au sud du Sahara (Mbo Amvene J, 2017) (Kouandongui Bangu Songrou Francky, 2019) (P. Ongolo ZOGO, 2013).

De plus, comme mentionné plus haut, à l'exception de quelques nouvelles recrues, chaque personnel des services de radiologie et de maintenance rencontré pendant cette étude a au moins une fois déjà été témoin d'une panne d'appareil de radiologie à rayons X à haute fréquence survenue lors d'une coupure d'énergie électrique comme l'indique le résultat de l'enquête au **Tableau 4**.

En abordant le problème de coupure, nous nous sommes attaqués à une cause majeure des pannes des appareils de radiologie utilisés dans les pays en voie de développement où, l'instabilité du réseau électrique a toujours été indexée par les experts (MALKIN, Barriers for medical devices for the developing world, 2007) sans toutefois désigner une perturbation en particulier. Ce qui soulève la problématique de l'inadéquation de ces appareils et de leurs normes de conception et de fabrication aux contextes de leurs lieux d'utilisation dans les pays du Sud (Werner JF, 2010). En effet, ces appareils sont conçus et fabriqués dans les pays développés, selon leurs normes et, leurs contextes culturels et socio-économiques et où les coupures d'énergie électrique sont très rares. Le résultat de cette étude résonne comme une interpellation sur la nécessité de repenser le cadre normatif, afin de développer les appareils de radiologie à rayons X qui seront désormais en exploitation dans les pays en voie de développement en général et au Cameroun en particulier, dans le but de les adapter aux réalités locales compte tenu de la régularité des coupures d'énergie électrique. Sur ce point, une des solutions efficaces serait de doter ces appareils d'une batterie et d'un onduleur incorporés à leur carte d'alimentation pendant leur fabrication. Ainsi, lors d'une éventuelle perturbation électrique ou d'une coupure, la batterie fournira l'énergie nécessaire pour terminer la séance de prise d'image et d'arrêter ensuite l'appareil sans aucun risque de surtension (Globaldiagnostix, 2021).

Une deuxième serait de recourir aux sources d'énergies renouvelables pour pouvoir utiliser ses appareils en mode hors réseau. Dans ce dernier cas, les appareils de radiologies auront leur source d'énergie propre fournie par un système solaire à base des panneaux.

## **Conclusion**

Une étude des effets des coupures d'énergie électrique sur les appareils de radiologie à rayons X à haute fréquence a été conduite. Il était question tout d'abord de présenter l'appareil étudié, puis mener une étude théorique des différentes tensions permettant la production des rayons X. Ensuite, se basant sur des résultats d'enquêtes menées auprès des professionnels de santé, il a été



démontré que les coupures d'énergie électrique sont les causes principales des pannes de ces appareils. Enfin, des mesures des grandeurs électriques aux bornes des appareils étudiés pendant leurs fonctionnements ont prouvé que lors des coupures ayant lieu pendant la production des rayons X, ces appareils engendrent des surtensions lorsqu'ils fonctionnent en hyper résonance. Ce qui contribue non pas au rétablissement du patient mais plutôt à un aggravement de sa situation sanitaire à travers des maladies telles que des blessures, de destruction de cellules etc... Il est impératif que de dispositions soient prises au niveau des plateaux techniques sanitaires afin d'assurer la stabilité des tensions.

### References:

1. Akpé, A. (1996). Modélisation et mise en oeuvre de l'IGBT dans un onduleur de moyennepuissance. Lorraine: Institut National Polytechnique de Lorraine.
2. Amilcare. (2020, Octobre 10). Elettro Amici. Récupéré sur Site web Elettro Amici: <http://www.elettroamici.org/fr/>
3. Azan.J. (1993). Tome 1: Précis d'électronique. Paris: Bréal.
4. Bretagne Commerce International. (2019, Decembre 20). Bretagne Commerce International. Récupéré sur Site web Bretagne Commerce International: <https://www.bretagnecommerceinternational.com>
5. Cavalcante, F. D. (2006). High output voltage series-Parallel resonant DC-DC converter for medical X-ray imaging application. Zurich: Swiss Federal Institute of Technology, Thesis of Ph.D.
6. Forest, J. P. (1999). Alimentation à découpage, Convertisseurs à résonance. Paris : Dunod.
7. G. Segulier, F. L. (2015). Electronique de puissance : structures, commandes, applications. Paris: Dunod.
8. Helaimi, M. (2014). Contribution à la commande d'un onduleur à résonance destiné au chauffage par induction. Oran: Université des Sciences et de la Technologie d'Oran. Thèse de Doctorat Ph.D.
9. Ignatova, V. (2006). Méthodes d'analyse de la qualité de l'énergie électrique. Application aux creux de tension et à la pollution harmonique. Grenoble: Université Joseph Fourier. Thèse de Doctorat Ph.D.
10. Imed, H. (2020, Juin 22). Institut supérieur des études technologiques de Nabeul. Récupéré sur Site web Institut supérieur des études technologiques de Nabeul: <http://www.isetn.rnu.tn>
11. J. F. Ateba, A. S. (2017). Operational Measures Taken for the Authorization of X-ray Generators Used in the Medical Sector in Cameroon. Health Physics, 113(5) 414–418.

12. Kouandongui Bangué Songrou Francky, B. T. (2019). Etat de la Radiologie Dans les Chu de Bangui et de Bimbo, Centrafrique. *European Scientific Journal*, 15(6): 1-9.
13. L. Allay, J. D. (1993). *Physique Appliquée : Electronique - Electrotechnique*. Luçon: NATHAN.
14. Laeuffer, J. (1997). Convertisseur à résonance dans l'imagerie médicale. 3EI 1997- Journées.
15. Mainsah, B. O. (2008). Important factors for the design of medical devices for developing countries. Worcester: Faculty of the Worcester Polytechnic Institute.
16. Malkin, R. A. (2007). Barriers for medical devices for the developing world. *Expert Review of Medical Devices*, 4(6): 759–763.
17. Malkin, R. A. (2007). Design of Health Care Technologies for the Developing World. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 9(1): 567–587.
18. Mbo Amvene J, D. B. (2017). Observance des Règles de Radioprotection dans les Services d'Imagerie des Hôpitaux de l'Extrême-Nord du Cameroun. *Health Sciences and Diseases*, 18(2): 83- 87.
19. Ministère de l'Eau et de l'Energie-Cameroun. (2009). Arrêté N°00000013/MINEE du 26 Janvier 2009 portant approbation du règlement du service de distribution publique d'électricité de la société AES-SONEL. Yaoundé : Ministère de l'Eau et de l'Energie-Cameroun.
20. Mohr, J. P. (1987). Distributing and Transferring Medical Technology. *International Journal of Technology Assessment and Health Care*, 3(2): 281–291.
21. Njiki Calvin Didier, N. M. (2018). Quality Control of Conventional Radiology Devices in Selected Hospitals of the Republic Of Cameroon. *International Journal of Innovative Sciences, Engineering and Technology*, 5(3): 269-672.
22. Organisation Mondiale de la Santé. (2006). *The Role of Medical Devices and Equipment in Contemporary Health Care Systems and Services*. Geneva: World Health Organisation.
23. Organisation Mondiale de la Santé. (2020, Novembre 11). Organisation Mondiale de la Santé. Récupéré sur Site web Organisation Mondiale de la Santé: <https://www.who.int>
24. Organisation Mondiale de la Santé. (2012). *Dispositifs médicaux : comment résoudre l'inadéquation ?* Villars-sous-Yens: Organisation Mondiale de la Santé.
25. P. HEIMANN, A. I. (2000). *Guidelines for health care equipment donations*. Geneva: World Health Organisation.

26. P. Ongolo Zogo, M. N. (2013). Connaissances en matière de radioprotection : enquête auprès des personnels des services hôpitaliers de radiodiagnostic, radiothérapie et médecine nucléaire a Yaoundé Cameroun. Radioprotectio, 48(1): 39-49.
27. Philippe, F. (2001). Cahier Technique N° 199: La qualité de l'énergie électrique,. Schneider Electric.
28. Stephanix radiological solutions. (2015). HF series generators compact X-ray Unit. La Ricamarie: Stephanix radiological solutions.
29. Werner JF, D. I. (2010). L'imagerie par résonance magnétique haut champ en afrique subsaharienne une expérience sénégalaise. Journal Africain de l'Imagerie Médicale, 3(5): 222-247.
30. World Health Organization . (2010). Context dependency of medical devices. Geneva: World Health Organization.
31. World Health Organization. (2010). Guidelines for health care equipment donations. Geneva: World Health Organization.
32. Zellouma. (2006). Filtrage actif parallèle des harmoniques du courant généré par un pont redresseur triphasé non commandé. Annaba: Université de Annaba-Badji Mokhtar, Ph.D thesis.
33. Globaldiagnostix. (2021, 01 Septembre). Globaldiagnostix. Récupéré sur le site : <http://globaldiagnostix.org/>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Visites Touristiques et Comportements des Singes Sacrés de Gbetitapéa, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire**

***Célestin Yao Kouakou, Maître-Assistant***

***Emilienne Ahou Kouadio, Master***

Université Jean Lorougnon Guédé, Laboratoire de Biodiversité et Ecologie  
Tropicale, Côte d'Ivoire

***Didié Armand Zadou, Maître-Assistant***

Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Sciences Sociales et Humaines,  
Côte d'Ivoire

***Claude Victorien Kouakou, Chercheur***

***Béné Jean-Claude Koffi, Professeur Titulaire***

Université Jean Lorougnon Guédé, Laboratoire de Biodiversité et Ecologie  
Tropicale, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p181](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p181)

Submitted: 13 August 2021

Accepted: 15 October 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Kouakou C.Y., Ahou Kouadio E., Zadou D.A., Kouakou C.V. & Koffi B.J-C. (2021). *Visites Touristiques et Comportements des Singes Sacrés de Gbetitapéa, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 181.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p181>

### **Résumé**

La gestion du tourisme faunique nécessite la disponibilité d'informations sur les touristes et l'étho-écologie des animaux. Cette étude est une contribution à l'amélioration des connaissances sur les touristes et les comportements des singes sacrés de Gbetitapéa dans le centre-ouest ivoirien. Il s'est agi de déterminer les caractéristiques des touristes et d'identifier les comportements des singes en présence et en absence des touristes.

Des touristes ont été enquêtés et un échantillonnage par animal focal a été fait sur des cercopithèques de Campbell (*Cercopithecus campbelli*) en absence et en présence des touristes. Au total, 70 touristes provenant de 12 localités ont été interrogés. Parmi eux, des enseignants et des individus dont l'âge variait entre 21 et 45 ans visitent majoritairement les singes.

Lorsque la distance des provenances des touristes à Gbetitapéa augmente, il y a une faible tendance à l'observation de touristes (coefficient

de corrélation = -0,0126). En absence des touristes, sept comportements (cri, jeux, repos, agression, déplacement, alimentation et toilettage) sont observés avec l'agression et le jeu, respectivement 0,74% et 2,42% des observations, étant les moins fréquents. Les déplacements (26,51%) et repos (25,09%) sont les plus observés. En présence des touristes, cinq comportements (cri, repos, déplacement, alimentation et toilettage) sont observés avec l'alimentation et le déplacement, respectivement 36,84% et 29,82% des observations, étant les plus fréquents. Le repos (5,26%) et le toilettage (7,2%) sont les moins fréquents. La conservation par la sacralisation de la faune doit être encouragée sans ignorer la sensibilisation des touristes pour réduire leurs impacts sur les animaux.

---

**Mots clés:** Comportement, Touristes, Singes Sacrés, Gbetitapéa, Côte d'Ivoire

## **Tourist Visits and Behavior of The Sacred Monkeys of Gbetitapéa, Center-West Côte d'Ivoire**

*Célestin Yao Kouakou, Maître-Assistant*

*Emilienne Ahou Kouadio, Master*

Université Jean Lorougnon Guédé, Laboratoire de Biodiversité et Ecologie  
Tropicale, Côte d'Ivoire

*Didié Armand Zadou, Maître-Assistant*

Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Sciences Sociales et Humaines,  
Côte d'Ivoire

*Claude Victorien Kouakou, Chercheur*

*Béné Jean-Claude Koffi, Professeur Titulaire*

Université Jean Lorougnon Guédé, Laboratoire de Biodiversité et Ecologie  
Tropicale, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

Managing wildlife tourism requires the availability of information about tourists and the etho-ecology of animals. This study is a contribution to the improvement of knowledge on tourists and the behaviors of the sacred monkeys of Gbetitapéa in the center-west of Ivory Coast by determining the characteristics of tourists and by identifying the behaviors of the monkeys in the presence and in the absence of tourists.

Tourists were surveyed and focal animal sampling was applied to Campbell's monkeys (*Cercopithecus campbelli*) in the absence and presence of tourists. In total, 70 tourists from 12 localities were interviewed. Among them, teachers and individuals between the ages of 21 and 45 years mostly visit monkeys.

When the distance from the origins of tourists to Gbetitapéa increases, there is a weak tendency to have fewer tourists (correlation coefficient = -0.0126). In the absence of tourists, seven behaviors (screaming, games, rest, aggression, movement, eating and grooming) are observed with aggression and play, 0.82% and 2.68% respectively of observations, being the least frequent. Travel (26.99%) and rest (24.76%) are the most observed. In the presence of tourists, five behaviors (screaming, resting, moving, feeding and grooming) are observed with feeding and moving, respectively 36.84% and 29.82% of observations, being the most frequent. Rest (5.26%), and grooming (7.2%) are the least frequent. Wildlife conservation through sacred fauna must be encouraged without ignoring the awareness of tourist visitors in order to reduce their impact on animals.

---

**Keywords:** Behaviour, Tourists, Sacred Monkeys, Gbetitapéa, Ivory Coast

## Introduction

La biodiversité atteint son maximum dans les régions tropicales dont les forêts abritent plus de 50 % de la diversité biologique mondiale incluant plusieurs espèces de primates non-humains (Kerr, 2001; Koné *et al.*, 2014). La Côte d'Ivoire, située en zone tropicale, abrite ainsi, de par la diversité de ses écosystèmes, une faune riche et diversifiée dont la quasi-totalité des primates des forêts tropicales africaines y est représentée (Koné *et al.*, 2014). Cependant, ces primates sont soumis à de fortes pressions anthropiques susceptibles de causer une perte significative de la population de nombreuses espèces (N'goran *et al.*, 2012). Ainsi, le braconnage, les activités agricoles, la perte et la dégradation des habitats ainsi que les maladies zoonotiques dont l'homme est souvent vecteur deviennent de plus en plus des facteurs importants dans la perte des populations de primates (Macfie *et al.*, 2010).

Pourtant, les primates sont importants dans le fonctionnement des écosystèmes, et ils sont d'un grand intérêt pour la conservation (Koné *et al.*, 2008; N'goran *et al.*, 2012). En effet, ils sont importants, non seulement en raison de leur potentiel à agir comme des espèces indispensables à la répartition spatiale de certaines espèces végétales et à la régénération des écosystèmes forestiers ; mais aussi parce que la moitié des espèces de primates du monde sont menacées d'extinction (N'goran *et al.*, 2012; Rovero *et al.*, 2012). Par ailleurs, les singes sont parmi les animaux les plus attrayants, et les voyageurs, notamment les amateurs d'écotourisme, parcourent de longues distances pour pouvoir les observer dans leur milieu de vie. Ils génèrent, ainsi, des revenus à travers le tourisme (Macfie *et al.*, 2010). Au cours de ces activités touristiques, le voyageur est éduqué directement ou indirectement sur l'importance de la conservation et il est souvent sensibilisé à la conservation des milieux naturels ou culturels visités

(Drum & Moore, 2002). C'est donc une forme de tourisme centrée sur la nature et qui tend à favoriser la protection de la faune et des zones naturelles. Toutefois, Boo (1990) indique que ces activités touristiques ne semblent guère en mesure de satisfaire aux critères d'impacts minimaux. La transmission de zoonoses entre humains et primates est, par exemple, possible et constitue une menace pour plusieurs populations de primates (Macfie *et al.*, 2010 ; Moussoun *et al.*, 2015). En outre, des auteurs font part de quelques observations ponctuelles des réactions des singes en présence de l'Homme (Brennan *et al.*, 1985; Koné, 2004; LaBarge *et al.*, 2019).

A Gbetitapéa, village du département de Daloa, Centre-ouest de la Côte d'Ivoire, une population de singes sacrés constituée de deux espèces, le mone ou Cercopithèque de Campbell (*Cercopithecus campbelli*) et le Cercopithèque pétauriste (*Cercopithecus petaurista*). Ces singes conservés traditionnellement par sacralisation font l'objet de visites touristiques (Kouakou, 2019). Les singes des fragments de forêts de cette localité ont fait l'objet d'études portant sur leur diversité et leur distribution (Kouakou *et al.*, 2017 ; Kouakou, 2019), sur leur représentation sociale (Yamoi *et al.*, 2017) et leur régime alimentaire (N'guessan, 2018). Cependant, les travaux portant sur les comportements de ces singes et l'impact de la présence de touristes sur ces comportements n'ont jusqu'ici pas été abordés. Par ailleurs, les caractéristiques des touristes visitant le site ne sont pas documentées. La rareté des travaux sur le comportement des singes en l'absence ou en présence des visiteurs touristiques n'est pas spécifique à la forêt sacrée de Gbetitapéa. En effet, les études écoéthologiques se limitent, généralement aux interactions proies-prédateurs, entre groupes ou entre les membres d'un même groupe (Noë & Bshary, 1997 ; Shultz & Noë, 2001). Or, le comportement des animaux est dynamique et sensible aux variations environnementales (Galat-Loung & Galat, 1979; Krebs & Davies, 1995).

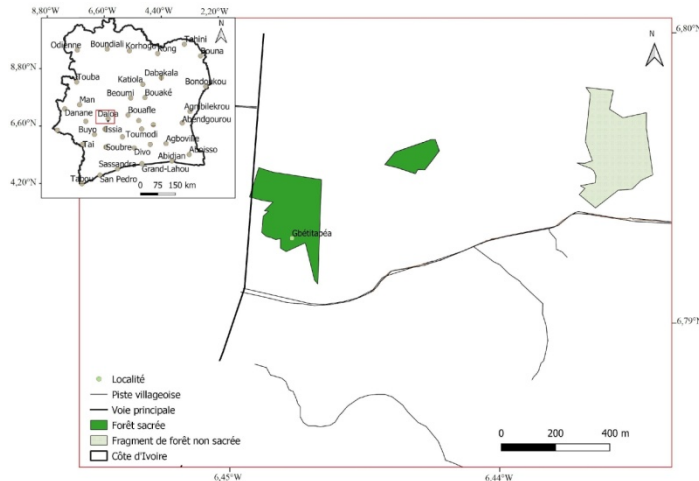
La disponibilité d'informations relatives aux visiteurs touristiques et aux comportements des animaux d'un site est, donc, primordiale pour la prise de décisions de conservation et de gestion écotouristique. C'est dans cette optique que cette étude a été effectuée avec pour objectif général d'améliorer la connaissance des caractéristiques sociodémographiques des touristes et leurs impacts sur le comportement des singes sacrés de Gbetitapéa pour une meilleure gestion des activités écotouristiques et une conservation durable de la faune. De façon spécifique, il s'est agi de (1) déterminer les caractéristiques sociodémographiques des touristes; (2) d'identifier et analyser les comportements des singes en absence et en présence des touristes à Gbetitapéa.



## Méthodes

### Site d'étude

L'étude a été réalisée dans le village de Gbétitapéa qui est situé à 10 km de la ville de Daloa sur l'axe Daloa-Issia. Il se localise entre 6,79° et 6,80° de latitude Nord et entre 6,44° et 6,45° de longitude Ouest (Figure 1).



**Figure 1.** Localisation de la zone d'étude et du site touristique de Gbétitapéa

Le village a en son sein une forêt dense semi-décidue qui abrite des singes sacrés. Cette forêt de Gbetitapéa doit son maintien à la sacralisation des singes (Yamoi, 2017). Elle comprend deux fragments mais le plus grand avec une superficie de 4,6 ha est caractérisé par des formations végétales non dégradées. La zone est constituée d'arbres, d'arbustes et de lianes. Des individus d'*Eleais guinnensis* sont observés par endroits. La présence des singes sacrés dans la forêt et son statut de site touristique ont été les critères de choix de notre zone d'étude. Le choix des mones a été fait au détriment des pétauristes, compte tenu de leur effectif plus grand qui facilite leur observation (Kouakou *et al.*, 2017).

Le climat du département de Daloa est du type tropical humide caractérisé par 4 saisons de durée inégale. Pour ces 15 dernières années, la précipitation moyenne actuelle est de 92,82 mm et la température moyenne de 26,5 ° C, avec un minima de 24,77 ° C pour le mois d'août et un maxima de 28,02 ° C pour le mois de février (Brou, 2005).

La Région du Haut-Sassandra dont fait partie Daloa appartient au secteur forestier mésophile du domaine guinéen dont le climax prédominant est la forêt dense humide semi-décidue à *Celtis spp* et *Triplochiton scleroxylon* (Guillaumet & Adjanohoun, 1971). L'occupation humaine qui est très forte dans cette région, a très profondément modifié la végétation naturelle (Kouamé *et al.*, 1998). La région renfermait une grande richesse



spécifique d'Oiseaux, de Reptiles, d'Amphibiens, d'Invertébrés et de Mammifères. Aujourd'hui, de nombreuses espèces animales y ont disparu sous l'effet du braconnage, de l'agriculture extensive, de l'exploitation de bois d'œuvre et de l'urbanisation à grande échelle (Kouakou *et al.*, 2017).

La population humaine du Haut-Sassandra est caractérisée par une forte dynamique démographique et elle est en majorité rurale. De 2811 habitants en 1921, elle a atteint 275277 habitants en 2014 pour une densité de 52 habitants/km<sup>2</sup> (RGPH, 2014). La population autochtone appartient à l'ethnie Bété. La région est caractérisée par la prépondérance des groupes ethnoculturels ivoiriens non originaires de la ville, notamment les Akan, Malinké et Krou ; mais aussi plusieurs groupes ethniques représentatifs de la sous-région ouest africaine (Koffi, 2008).

Les activités économiques de la région du Haut-Sassandra sont assez diversifiées, cependant l'agriculture reste la principale activité génératrice de revenu et occupe la majorité des populations. La dynamique agricole est basée essentiellement sur les cultures de rente (café, cacao, hévéa, palmier à huile), les cultures vivrières et maraîchères. Le Haut-Sassandra se présente comme la première région productrice de café, la deuxième grande zone productrice de cacao et le deuxième front pionnier de production des cultures vivrières de la Côte d'Ivoire (Kouamé *et al.*, 2015).

### **Collecte des données d'enquête auprès des touristes et de comportements des singes**

Les données ont été collectées du 16 Novembre au 24 Décembre 2020 en procédant à des enquêtes auprès des touristes et en identifiant les comportements des singes selon la méthode d'échantillonnage par animal focal (Altmann, 1974).

Pour déterminer les caractéristiques sociodémographiques des touristes, une enquête a été réalisée à Gbetitapéa auprès des touristes visitant les singes sacrés. Des entretiens individuels ont été réalisés auprès de ces visiteurs touristiques. Les questions ont ainsi porté essentiellement sur l'âge, le genre, la profession, la nationalité, la religion, la situation matrimoniale, la fréquence de visite du site, la localité de provenance des visiteurs touristes.

Par ailleurs, la méthode d'échantillonnage par animal focal a été utilisée pour étudier le comportement des singes de la forêt sacrée de Gbetitapéa en présence et en l'absence des visiteurs touristiques. Cette méthode a permis un échantillonnage complet des comportements produits par un sujet donné pendant une durée prédéterminée. Elle fournit un enregistrement continu pendant une période limitée au cours de laquelle l'observateur est centré sur un individu précis. On encode ainsi la nature des comportements, leurs moments d'apparition ou uniquement leurs ordres d'apparition ou de transition ainsi qu'éventuellement leurs durées. Tous les

individus du groupe ou certains d'entre eux, sont successivement observés de la même façon et pendant la même durée (Altmann, 1974).

Les individus ont été répartis en trois groupes de *Cercopithecus campbelli*. La structure de tous les groupes comprenait des singes adultes, subadultes et petits. Les singes ont été suivis pendant la journée de 6 heures à 17 heures pour observer leurs comportements. Pour chaque individu, le comportement a été noté pendant 10 minutes et de manière continue. Une pause de 10 minutes a été observée entre deux suivis successifs, le temps d'identifier de manière précise, l'individu à observer en suite. Cette identification des singes s'est faite sur la base des caractéristiques visibles sur le corps des individus telles que queue coupée, l'absence de poils sur une partie du corps. Tous les individus quelque soit l'âge ont été pris en compte (Goodall, 1986). Aucun individu n'a été suivi deux fois de manière successive. L'éthogramme utilisé pour identifier les comportements observés et enregistrés chez les individus décrit le cri comme étant un son ou une vocalisation émise par un singe. Le toilettage a été noté lorsqu'un individu nettoie manuellement la peau ou la fourrure d'un autre individu. L'accouplement était l'accomplissement d'un acte copulatoire. Le jeu correspondait à un comportement ludique entre des individus. Le repos correspondait à inactivité d'un individu. Le déplacement était noté lorsqu'un individu est en mouvement par la marche, le saut, ou la grimpe. L'alimentation correspondait à la manipulation et d'ingestion d'aliments. Le conflit était noté lorsque des actions agressives étaient observées entre individus (Cheyssac, 2015).

### **Analyse des données d'enquête**

Les informations recueillies au cours des enquêtes ont été analysées à partir du tableur Excel. Les facteurs discriminants utilisés pour caractériser les touristes sont le genre (masculin ou féminin), la nationalité (ivoirienne ou autres), la profession (étudiants, élèves, commerçants, enseignants, planteurs, paysans, autres), la situation matrimoniale (célibataire, concubinage, marié, autres), la tranche d'âge [0-21[ ans ; [21-45[ ans ; [45-65 [ans ; [65 ans et plus]. Cette classification de l'âge des touristes porte sur des grands groupes de populations qui correspondent en gros, respectivement, à l'enfance et la jeunesse, l'âge d'adulte moyen, l'âge moyen de la retraite et l'âge de la retraite (Leroux, 2010). Sous Excel, des histogrammes ont été réalisés afin de caractériser le profil des touristes. En outre, la relation entre la distance de la localité de résidence des touristes au site de Gbétitapéa et le nombre de visiteurs touristiques a été analysée. Pour ce faire, il a été projeté le nombre de visiteurs touristiques provenant des différentes localités en fonction de la distance du lieu de résidence au site touristique de Gbetitapéa. Le nuage de points et la droite de régression linéaire qui en découlent ont été réalisés pour

mettre en évidence le sens et l'intensité de la liaison entre deux variables, en l'occurrence la distance et le nombre de visiteurs.

### **Analyse des comportements des singes sacrés**

Une base de données a été constituée dans laquelle des tris et tableaux croisés dynamiques ont été réalisés sous Excel pour calculer les fréquences (Fr) d'observation des comportements observées en absence et en présence des touristes. Cette fréquence (Fr) traduit l'importance de chacun des comportements de singe par rapport aux autres comportements du site d'étude. La formule mathématique de cette fréquence est la suivante :

$$Fr = ni \times 100/N$$

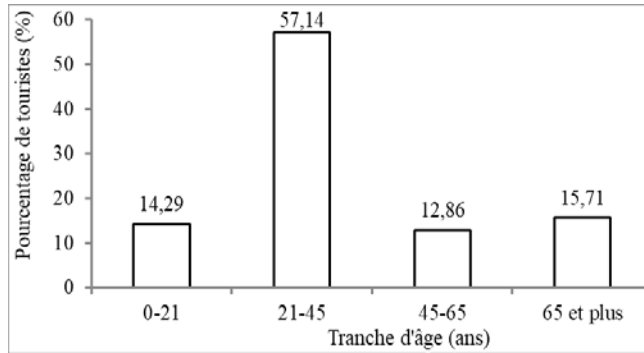
avec ni: l'effectif observé pour un comportement i et N l'effectif total de l'ensemble des comportements observés.

## **Résultats**

### **Caractéristiques sociodémographiques des touristes**

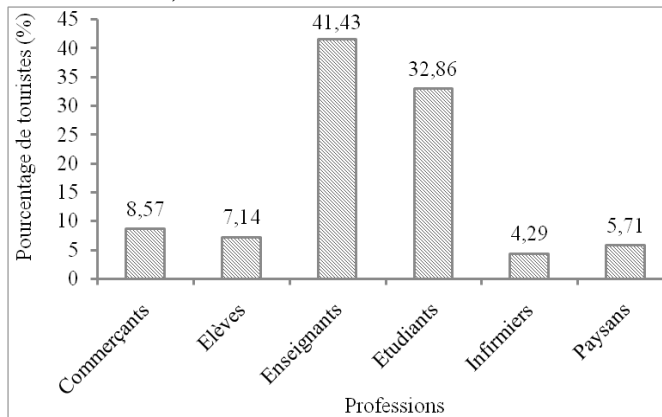
Au total, 70 personnes provenant de 12 localités différentes ont été interrogées lors des enquêtes. Ce sont les localités de: Abidjan, Akoupé, Boguedia, Bouaké, Daloa, Gagnoa, Guiglo, Korhogo, Man, Sikensi, Soubré et Yamoussoukro. La quasi-totalité des touristes étaient des ivoiriens (98,57% soit 69 individus) et seul un touriste résidant dans la ville de Daloa avait la nationalité Burkinabé. La majorité des enquêtés (94,29%) visitait le site pour la première fois. Seulement, 2,85% avait visité le site plus de deux fois. 74,29 % (52 personnes) des touristes rencontrés sont de sexe masculin tandis que 25,71 % sont de sexe féminin (18 personnes).

En ce qui concerne la situation matrimoniale, 70% des visiteurs étaient des célibataires, les mariés représentaient 21,43%, les veufs (4,29%) et enfin 4,29% étaient représentés par des personnes vivant en concubinage. Quatre classes d'âge ont été identifiées: [0-21[ ans ; [21-45[ ans ; [45-65 [ans; [65 ans et plus]. Il est apparu que ce sont les individus d'âge moyen adulte (21- 45 ans) qui visitent le plus Gbétitapéa (Figure 2). Ces adultes moyens qui représentent 57,14% de l'ensemble des touristes et sont environ quatre fois plus nombreux que ceux de chacune des autres classes d'âge: [45-65 [ans et [0-21[ ans. Les individus d'âge moyen de la retraite (entre 45 et 65 ans) sont les moins représentés avec 12,86% des visiteurs du site de Gbétitapéa. Les classes d'âges des individus les moins âgés ([0-21[ ans) et ceux des individus les plus âgés (individus de 65 ans et plus) sont dans des proportions relativement similaires avec respectivement 14,29% et 15,71% du total des visiteurs.



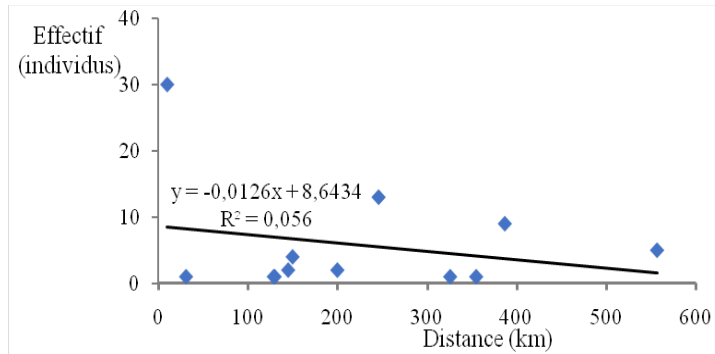
**Figure 2.** Répartition du pourcentage de visiteurs touristiques en fonction de la tranche d'âge

Les touristes rencontrés sont des enseignants, des infirmiers, des étudiants, des élèves, des paysans et des commerçants. Les enseignants sont les plus nombreux et ils en représentent 41,43% des touristes (soit 29 personnes). Les moins nombreux sont les paysans et les infirmiers qui représentent respectivement (5,71%) et 4,29% des touristes (Figure 3). Plus de la moitié (58,62%) des enseignants touristes sont originaires de la ville de Daloa contre seulement 8,70% des étudiants viennent de cette même ville.



**Figure 3.** Répartition du pourcentage de visiteurs touristiques en fonction de la profession

L'analyse de la relation entre distance de la localité de résidence au site de Gbétitapéa et le nombre de touristes a permis d'obtenir un coefficient de détermination  $R^2=0,056$ . Il indique que la droite de régression linéaire s'ajuste très peu au nuage de points (moins d'un pour cent) défini par l'effectif de visiteurs en fonction de la distance de la localité d'origine à Gbétitapéa (Figure 4). La corrélation est négative et faible (-0,0126) entre le nombre de touristes et la distance du site. Il y a une faible influence de la distance au site sur le nombre de touristes. Cependant, lorsque la distance du lieu de résidence au site de Gbétitapéa augmente, il y a une tendance à avoir moins de touristes.



**Figure 4.** Relation entre la distance à la localité de résidence au site de Gbétitapéa et le nombre de visiteurs touristiques

### Comportements des singes en absence des touristes

L’observation des singes sacrés en absence de touristes a permis de recenser les aspects comportementaux de 61 individus de *Cercopithecus campbelli*. Ces individus comprenaient 29 adultes, 14 subadultes et 18 petits observés pendant 24 jours pour les deux premières catégories (adultes et subadultes) et 23 jours pour les petits qui ont échappé à l’observation continue pendant une journée du fait de leur taille et leur grande mobilité.

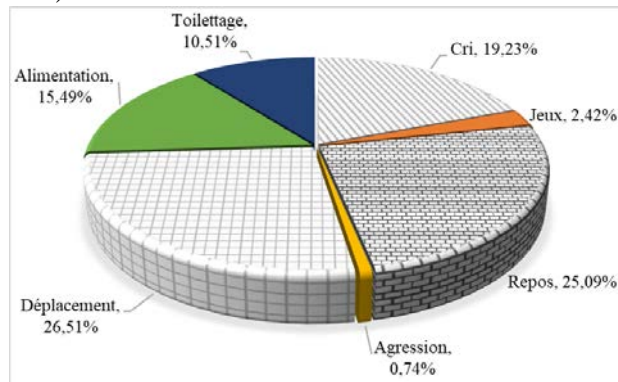
Au total sept (7) comportements (Cri, Jeux, Repos, Agression, Déplacement, Alimentation et Toilettage) ont été observés en absence des touristes. En absence des touristes, les comportements de repos (30,03%) et de déplacement (25,76%) ont été les plus observés chez les adultes, tandis que le cri, le jeu et l’agression ont été moins observés (Tableau I).

**Tableau I.** Comportements des différentes catégories de singes observés en absence des touristes

Compor- tement observé	Adultes		Petits		Subadultes	
	Nombre observé	Fréquence observée (%)	Nombre observé	Fréquence observée (%)	Nombre observé	Fréquence observée (%)
Cri	561	15,86	271	22,49	180	19,57
Jeux	70	1,98	41	3,40	29	3,15
Repos	1062	30,03	194	16,10	195	21,20
Agression	38	1,07	02	0,17	03	0,33
Déplacement	911	25,76	369	30,62	253	27,50
Alimentation	484	13,68	260	21,58	152	16,52
Toilettage	411	11,62	68	5,64	108	11,74
<b>Total</b>	<b>3537</b>	<b>100</b>	<b>1205</b>	<b>100</b>	<b>920</b>	<b>100</b>

Ensuite, chez les subadultes, les comportements les plus observés ont été également le déplacement (27,50%) et le repos (21,20%) alors que les comportements de jeux (3,15%) et d’agression (0,33%) ont été les moins observés. Les comportements d’agression sont plus observés chez les adultes

(1,07%) que chez les petits (0,17%) et subadultes(0,33%). Enfin chez les petits, en absence des touristes les comportements de déplacement (30,62%) et de cri (22,49%) ont enregistré les plus grandes fréquences d'observation. Le repos est le comportement le plus observé chez les adultes tandis que le déplacement est le plus observé chez les subadultes et petits en absence de touristes (Tableau I). La copulation n'a pas été observée en absence de touristes. En définitive, chez toutes les catégories de singes, les comportements d'agression et de jeu représentant respectivement 0,74% et 2,42% des observations sont les moins fréquemment observés en absence de touristes (Figure 5).



**Figure 5.** Représentation pondérale des comportements des singes observés en absence des touristes

Les comportements de déplacement (26,51%) et de repos (25,09%) sont les plus fréquemment observés.

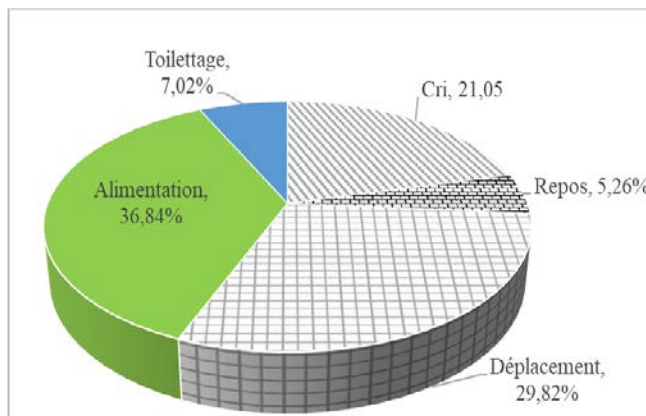
### **Comportements des singes en présence des touristes**

En présence des visiteurs, seulement cinq individus ont pu être observés pendant deux (2) jours. Ces individus comprenaient trois adultes, un subadulte et un petit chez lesquels seulement 5 comportements ont été observés: le cri, le repos, le déplacement, l'alimentation et le toilettage (Tableau II). Parmi ces comportements, le déplacement (27,41%) et l'alimentation (30,64%) sont les plus observés chez les adultes alors que le comportement de repos (9,68%) est le moins observé. Chez le subadulte également le comportement d'alimentation (50%) et de déplacement (33,33%) ont été observés en majorité tandis que les comportements de cri (6,67%) sont moins observés. Le toilettage (0%) n'a pas été observé chez le subadulte. Chez le petit les comportements de cri, d'alimentation et de déplacement ont été observés en majorité avec une même fréquence (31,25%) et le toilettage (auto-toilettage) a été le moins observé (06,25%), le repos n'a pas été observé.

**Tableau II.** Comportements des différentes catégories de singes en présence des touristes

Comportement	Adultes		Petit		Subadulte	
	Nombre observé	Fréquence observée (%)	Nombre observé	Fréquence observée (%)	Nombre observé	Fréquence observée (%)
Cri	13	20,97	5	31,25	6	16,67
Repos	6	9,68	0	0	0	0
Déplacement	17	27,41	5	31,25	12	33,33
Alimentation	19	30,64	5	31,25	18	50
Toilettage	7	11,29	1	6,25	0	0
Total	<b>62</b>	<b>100</b>	<b>16</b>	<b>100</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

En présence des touristes, dans l'ensemble, la copulation, le jeu et l'agression n'ont pas été observés (Figure 6).



**Figure 6.** Représentation pondérale des comportements des singes observés en présence des touristes

Les fréquences d'observation des comportements d'alimentation (36,84%) et de déplacement (29,82%) sont les plus élevées en présence des touristes tandis que les fréquences d'observation des comportements de repos (5,26%) et de toilettage (7,2%) sont les plus faibles.

## Discussion

L'étude réalisée à Gbetitapéa sur les caractéristiques des visiteurs touristiques et leurs impacts sur le comportement des singes sacrés a permis, à l'issue d'une enquête et l'observations de ces singes, d'obtenir trois résultats majeurs qui méritent d'être interprétés et comparés à ceux d'autres travaux.

## Caractéristiques sociodémographiques des touristes

La majorité des touristes est jeune [21-45ans[, de sexe masculin (74,29%), célibataire (70%) et exerce la profession d'enseignant (41,43%).



Ces caractéristiques des touristes reflètent bien les réalités des populations de plusieurs localités de la Côte d'Ivoire, qui sont constituées majoritairement de personnes jeunes (RGPH, 2014). La décision de visite touristique, par les hommes et les célibataires, serait peu influencée par d'autres individus. Ce qui augmenterait leurs chances de visite à Gbetitapéa. Les enseignants sont les fonctionnaires qui ont le plus de jours de congés et cela pourrait faciliter leurs déplacements pour des activités touristiques ou récréatives. De plus, ceux-ci pourraient avoir une meilleure connaissance de l'importance du tourisme à travers leurs programmes scolaire et universitaire intégrant des aspects éducatifs en matière d'environnement.

De ce fait, les sites écotouristiques sont un excellent instrument susceptible d'aider à l'éducation et à la sensibilisation de la population pour promouvoir la conservation des espaces naturels (Lauginie, 2007). Nos résultats montrent également qu'il y a une faible influence de la distance du lieu de résidence au site touristique sur le nombre de visiteurs. Cependant, lorsque la distance du lieu de résidence au site de Gbetitapéa augmente il y a une tendance à avoir moins de touristes. Cette tendance à la faible fréquentation des singes sacrés de Gbetitapéa par la population éloignée de Daloa serait liée au peu d'importance accordée à l'écotourisme par cette population. A cela, il faut ajouter la crise sanitaire (COVID-19) qui secoue les collectivités territoriales au moment de cette étude ainsi que la situation limitée des ressources globales des populations ivoiriennes. En effet, cette situation pourrait orienter les individus plutôt vers des besoins perçus plus utiles que des visites touristiques.

### **Comportements des singes en absence et présence des touristes**

En absence de touriste à Gbetitapéa, sept (07) comportements ont été observés chez les mones de Campbell. Cependant, les comportements les plus observés ont été le cri, le repos, le déplacement et l'alimentation. En effet, les primates non-humains utilisent des signaux vocaux et non vocaux pour la transmission d'informations entre des individus de même espèce et/ou d'espèces différentes (Gautier & Gautier-Hion, 1977). Chez les singes, l'importance de la communication est liée à la vie en groupe. Elle régule des fonctions sociales et les fonctions reproductrices (Gautier & Gautier-Hion, 1977; Lemasson *et al.*, 2005). Des études expérimentales conduites au Parc National de Taï ont montré par exemple que les singes membres des groupes voisins qui entendent ces cris en perçoivent la signification (Zuberbühler & Jenny, 1999). Ces cris donnent aux membres du groupe, des informations sur des événements continus dans leur environnement et permettent de véhiculer des messages comportant des informations sur l'état social (Lemasson *et al.*, 2005). De plus, les cercopithèques sont très dynamiques (Lambert, 2005, Mc Graw, 1998) ce qui leur permet de parcourir de multiples sites. Les



déplacements étaient plus courants tôt le matin et le soir pendant toute la durée de l'étude, ce qui est conforme aux études réalisées par Clarke *et al.*, (1989). L'absence de copulation dans le comportement de ces singes pourrait s'expliquer par la période d'observation établie pour cette étude. La présence humaine pourrait également influencer l'expression de ce comportement.

En absence des touristes, sept aspects comportementaux sont observés et les singes occupent toutes les strates, cette situation est due au fait que ces primates ne se sentent pas menacés. En effet, les singes de Gbetitapéa sont considérés par les populations locales comme leurs aïeux. Ces singes dits sacrés cohabitent avec les humains. Ainsi, règne-t-il une parfaite cohabitation entre les communautés villageoises et les singes. L'on aperçoit régulièrement ces singes dans le village où ils circulent en toute liberté dans toutes les strates des arbres et aussi dans les ménages à la recherche de la nourriture (Kouakou *et al.*, 2017 ; Yamoi *et al.*, 2017).

Les résultats obtenus en présence des touristes tranchent largement avec ceux enregistrés en absence des touristes. En effet, les fréquences d'observation de comportement des singes obtenues en présence des touristes sont très faibles. La présence des touristes pourrait constituer une menace pour les singes. L'approche de l'Homme suscite généralement de la frayeur chez les Cercopithèques (Zuberbühler *et al.*, 1997). Leur réaction typique à l'approche des touristes se résume en une fuite discrète sans cri d'alarme et un camouflage dans les hautes strates de la forêt. Les Cercopithecidae habitués à la présence des touristes n'ont pas ce genre de réaction et vaquent tranquillement à leurs activités habituelles (Watanabe, 1981), ce qui a été également observé. Notre étude révèle qu'au sein des groupes de Cercopithèque, les individus ont autant de fois des réactions de frayeur que des réactions de sérénité. Cependant, à l'approche des touristes les singes prennent la fuite. Cela traduirait l'observation d'une fréquence des déplacements relativement plus élevée (29,81%) en présence des touristes qu'en leur absence où cette fréquence est de 26,51%. En général, tout se passe comme si les Cercopithèques évaluaient la menace que représente tout touriste qui s'approche avant de décider si la fuite s'impose. C'est pourquoi lorsque les touristes sont très proches d'eux les singes s'en fuient dans les strates les plus hautes des arbres pour chercher refuge.

Au regard du nombre limité d'observation au cours de cette étude, particulièrement en présence des touristes, d'autres travaux avec une durée relativement longue et une taille d'échantillon plus grande pourraient consolider les informations présentées.

## **Conclusion**

Le présent travail visait à améliorer la connaissance sur les touristes et leurs impacts sur le comportement des singes sacrés pour une

meilleure gestion des activités écotouristiques et une conservation durable de la faune. Au terme de cette étude, 70 touristes provenant de 12 localités ont été interrogés. A l'issu des enquêtes, les touristes rencontrés sont des enseignants, des infirmiers, des étudiants, des élèves, des paysans et des commerçants. Quatre classes d'âge ont été identifiées: les moins âgés [0-21[ ans, les adultes moyens [21-45 [ans, les individus d'âge moyen de la retraite [45-65[ ans, et les plus âgés ou vieillards 65 ans et plus. Ceux qui fréquentent le plus les singes sacrés sont les enseignants et les individus dont l'âge est compris entre 21 et 45 ans.

Sept aspects de comportements (cri, jeux, repos, agression, déplacement, alimentation et toilettage) ont été observés, en absence des touristes, chez les différentes catégories (adulte, subadulte et petit) de *Cercopithecus campbelli*. En présence des touristes, cinq aspects de comportement (le cri, le repos, le déplacement, l'alimentation et le toilettage) ont été observés. En somme, la présente étude de courte durée, permet de conclure, préliminairement, qu'en présence des touristes moins d'aspects comportementaux sont observés chez les singes qu'en absence de ces visiteurs. Les fréquences d'observation des comportements des singes en absence des touristes ne sont pas les mêmes que celles observées en présence des touristes.

La situation actuelle des singes sacrés de Gbetitapéa est loin de répondre aux exigences du développement compte tenu du faible nombre de touriste et de l'impact négatif que semble avoir la présence des touristes sur les comportements des singes. Les populations locales ainsi que les élus locaux du département de Daloa devraient faire la promotion de ces singes sacrés pour inciter les touristes à visiter régulièrement le site. Cette action devrait passer par le renforcement de la sensibilisation et l'éducation environnementale des populations en matière d'écotourisme pour la conservation durable de ces singes et leur habitat. Aussi, l'officialisation des stratégies traditionnelles de la conservation de la biodiversité ainsi que leur vulgarisation par les décideurs pourrait contribuer à une gestion durable des singes sacrés. La combinaison de méthodes traditionnelles et modernes de conservation en avisant les communautés locales dans tout processus d'aménagement forestier est également à développer. La proximité des touristes a un effet perturbateur sur le comportement des singes, c'est pourquoi l'observation des singes par les touristes devrait se faire à distance.

## **Remerciements**

Les auteurs voudraient adresser leurs remerciements à toutes les personnes morales ou physiques, qui par leurs actions respectives, ont contribué à l'aboutissement de ce travail. A toute la chefferie de Gbetitapéa, avec à sa tête Monsieur ODJE Gnonka Théodore, une mention spéciale est

faite et un grand merci lui est adressé pour avoir autorisé cette étude. Au gardien de la forêt sacrée de Gbetitapéa, Monsieur GNOBBO Nahounou Jean-Claude et sa famille, nos remerciements lui sont adressés pour son soutien lors de nos travaux de terrain. Tous les habitants de Gbetitapéa sont salués pour leur sympathie et leur collaboration lors de nos enquêtes.

### References:

1. Altmann, J. (1974). Observational Study of Behavior - Sampling Methods. *Behaviour*, 49: 227-267.
2. Boo, E. 1990. *Ecotourism: The Potentials and Pitfalls*. World Wildlife Fund, Washington, DC.
3. Brennan, E. J., Else, J. G., & Altmann, J. (1985). Ecology and behaviour of a pest primate: Vervet monkeys in a tourist-lodge habitat. *African Journal of Ecology*, 23(1): 35-44. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.1985.tb00710>
4. Brou, Y.T. (2005). Climat, mutations socio- économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'habilitation à Diriger des Recherches. Université des Sciences et Technologies de Lille (France), 212 p.
5. Cheyssac, J. (2015). Etude comportementale et resocialisation des chimpanzés captifs : approche méthodologique et applications. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2015, 140 p.
6. Clarke, J., Jones, M. & Jarman, P. (1989). A day in the life of a kangaroo: activities and movements of eastern grey kangaroos *Macropus giganteus* at Wallaby Creek. In 'Kangaroos, Wallabies and Rat-kangaroos. (Eds G. Grigg, P. Jarman, and I. Hume.), pp. 611–618. (CSIRO: Melbourne).
7. Drumm, A. & Moore, A. (2002). *Ecotourism Development — A Manual Series for Conservation Planners and Managers, Volume I*. The Nature Conservancy, Arlington, Virginia, USA. 102p.
8. Fennell, D.A. (1999). *Ecotourism : An introduction*. London: Routledge; 315p.
9. Galat Luong, A.; Galat, G. (1979). Conséquences comportementales des perturbations sociales répétées sur une troupe de Mones de Lowe (*Cercopithecus campbelli lowei*) de Côte d'Ivoire. *La Terre et la Vie*, 33 : 4-57.
10. Galef, B. G. (2004). Approaches to the study of traditional behaviors of free-living animals. *Learning and Behavior*, 32: 53–6.

11. Gautier, J-P. & Gautier-Hion, A. (1977). Communication in Old World Monkeys. In : How animal communicates (Sebeok TE, ed), p: 890-964. Bloomington, Indiana University Press
12. Goodall, J. (1986). The Chimpanzees of Gombe: patterns of behavior. Harvard University press. Cambridge, Massachusetts, 19 p.
13. Guillaumet, J. L. & Adjanohoun, E. (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. In Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Avenard J.M., Eldin M., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet J.L., Adjanohoun E. & Pernaud A. (eds). Mémoires ORSTOM n°50, Paris, France, pp. 161-263.
14. Johannesen, A. B. & Skonhoft A. (2005). Tourism, poaching and wildlife conservation: what can integrated conservation and development projects accomplish? *Resource and Energy Economics* 27: 208–226
15. Kerr, J. (2001). Global biodiversity pattern: from description to understanding. *Trends in Ecology and Evolution* 16(8): 424-425
16. Koffi, B. E. (2008). Le transport de personnes et la structuration de l'espace urbain de Daloa. *Le Journal des Sciences Sociales*, 5 : 127-142.
17. Koné, I. (2004). Effet du braconnage sur quelques aspects du comportement du colobe bai *Procolobus [piliocolobus]* *Cercopithecus diana diana* dans le Parc National de Taï, Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat, Université de Cocody, Abidjan, 146 p.
18. Koné, I., Lambert, J. E., Reffish, J. & Adama, B. (2008). Primates seed dispersal and its potential role in maintaining useful tree species Taï region, Côte-d'Ivoire: implications for the conservation of forest fragments. *Tropical Conservation Science*, 1(3): 293-306.
19. Koné, M., Yao, L.K., Danho, F. R. N., Djah, F. M & Lacina, C. (2014). Évolution de la couverture forestière de la Côte d'Ivoire des années 1960 au début du 21e siècle. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 7(2) :782-794.
20. Kouakou, C. V., Béné, J-C. K., Kouamé, A. N., Kouakou, Y. C. & Bamba, K. (2017). Diversity, Distribution and Social Structure of Monkey Species in Forest Fragments of Gbetitapea, Central Western Ivory Coast. *Journal of Chemical, Biological & Physical Sciences*, 8(1) :127-143.
21. Kouakou, C. V. (2019). Importance des fragments de forêt dans la conservation des primates non humains en Côte d'Ivoire cas de la forêt sacrée et des forêts villageoises à Gbetitapéa dans la région du Haut-Sassandra, Thèse de Doctorat, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Côte d'Ivoire), 105 p.

22. Kouamé, N., Tra Bi, H. F., Etien, T. D. & Traoré D. (1998). Végétation et flore de la forêt classée du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. *Revue CAMES*, 00 : 28-35.
23. Kouamé, N. N., N'Guessan F. K., N'Guessan, H. A., N'Guessan, P. W. & Tano, Y. (2015). Variations saisonnières des populations de mirides du cacaoyer dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 25(1): 3787-3798.
24. Krebs J.R. & Davies N.B. (1995). *An introduction to Behavioural Ecology*, 3rd ed. Blackwell, Oxford. 420p.
25. LaBarge, L. R, Hill, R.A., Berman, C.M., Margulis, S.W. & Allan, A.T.L. (2019). Anthropogenic influences on primate antipredator behavior and implications for research and conservation. *American Journal of Primatology*. e23087. <https://doi.org/10.1002/ajp.23087>
26. Lambert J.E. (2005). Competition, predation and the evolutionary significance of the Cercopithecine cheek-pouch: the case of *Cercopithecus* and *Lophocebus*. *American Journal of physical Anthropology*, 126 : 183-192.
27. Lauginie F. (2007). *Conservation de la nature et aires protégées en Côte d'Ivoire*. NEI/Hachette et Afrique Nature, Abidjan. 668 p.
28. Lemasson, A., Gautier, J. P & Hausberger, M. (2003). Vocal similarities and social bonds in Campbell's monkey (*Cercopithecus campbelli*) - *C R Biologie*, 326 (12): 1185-1193.
29. Lemasson A., Hausberger M. & Zuberbühler K. (2005). Socially meaningful vocal plasticity in adult campbell's monkeys (*Cercopithecus campbelli*). *Journal of comparative psychology*, 112: 220-229.
30. Leroux, E. (2010). Comportement des seniors et tourisme : l'effet modérateur de la variable santé. *Gérontologie et société*, 33(135), 153166. <https://doi.org/10.3917/gs.135.0153>
31. Macfie, E. J. & Williamson, E. A. (2010). Lignes directrices pour de meilleures pratiques en matière de tourisme de vision des grands singes. Gland, Suisse : Groupe de spécialistes des primates de la CSE/UICN. 85 pp
32. McGraw, W. S. (1998). Posture and support use of old-world monkeys (*Cercopithecus*): the influence of foraging strategies, activity patterns and the spatial distribution of preferred food items. *American Journal of primatology*, 46 : 229-250.
33. Mossoun, A., Pauly, M., Akoua-Koffi, C., Couacy-Hymann, E., Leendertz, S. J., Anoh, A. E., Gnoukpoho, A.H., Leendertz, F. H. and Schubert, G. (2015). Contact to Non-human Primates and Risk Factors for Zoonotic Disease Emergence in the Taï Region, Côte d'Ivoire. *EcoHealth*, 12: 580–591. DOI: 10.1007/s10393-015-1056-x

34. N’Goran, P. K., Boesch, C., Mundry, R., N’Goran, E. K., Herbinger, I., Yapi, F. A. & Kuehl, H. S (2012). Hunting, law enforcement, and African primate conservation. *Conservation Biology*, 26: 565–571. doi: 10.1111/j.1523-1739.2012.01821.x PMID: 22394275
35. N’guessan A.A.N.A. (2018). Régime alimentaire des singes dans les fragments de forêt de Gbétitapéa, dans la région du Haut-Sassandra (centre-ouest de la Côte d’Ivoire). Mémoire de Master Biodiversité et Gestion Durable des Ecosystèmes, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d’Ivoire, 61 p.
36. Noë R. & Bshary R. (1997). The formation of red colobus-diana monkey associations under predation pressure from chimpanzees. *Proceedings of the Royal Society London. Biological*, 264: 253-259.
37. RGPH : Recensement Général de la Population et de l’Habitat (2014). Données socio démographiques et économiques des localités. Résultats globaux par Districts, Régions, Départements et Sous-préfectures : Région d Haut-Sassandra et de la Marahoué. Secrétariat Technique Permanent du Comité Technique du RGPH. 26 p.
38. Rovero, F., Mtui, A., Kitegile A & Nielsen, M. (2012). Hunting or habitat degradation? Decline of primate populations in Udzungwa Mountains, Tanzania: An analysis of threats. *Biological Conservation.*; 146: 89–96.
39. Shultz, S. & Noë, R. (2001). The consequence of crowned eagle central-place foraging on predation risk in monkeys. *Proceedings of the Royal Society Biological*, 269: 1797-1802.
40. Watanabe, K. (1881). Variations in Group Composition and Population density of the Two Sympatric Mentawaiian Leaf monkeys. *Primates*, 22 (2): 145-160.
41. Yamoi, V.K., Zadou, D. A., N’guia, J. C., Ouattara, K., Kouassi, S., Béné, J-C.K., Koné, I. & Ibo J. (2017). Perception contrastée des singes sacres à Gbetitapéa (Centre-ouest Côte d’Ivoire) *Annales de l’Université de Lomé, Séries Lettres, Tome XXXVII-1*, pp.27-38.
42. Zuberbühler, K. & Jenny, D. B. (1999). The predator deterrence function of primate alarm calls. *Ethology*, 105: 477-490.
43. Zuberbühler, K., Seyfarth, R. M. & Noë, R. (1997). Diana monkey loud calls: messages for conspecifics and predators. *Animal Behaviour*, 53: 589-604.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Physico-Chemical, Microbiological and Antioxidant Properties of Some Local Honey Samples from Senegal

*Souleymane Aidara*

Laboratories of Analytic Chemistry and Bromatology FMPO, UCAD, Dakar  
Senegal

*Assane Dieng*

Bacteriology Laboratory of the Aristide Le Dantec Hospital

*Amadou Diop*

Laboratories of Analytic Chemistry and Bromatology FMPO, UCAD, Dakar  
Senegal

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p200](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p200)

---

Submitted: 03 August 2021

Accepted: 02 September 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

N'Guessan A.H., Gogue D.O., Anougba B.D., Dembélé I. & Allou K. (2021). *Evaluation de Différents Types de Substrats sur Le Développement des Plantules de Palmiers À Huile (Elaeis Guineensis Jacq.) en Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 200.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p200>

---

### Abstract

Honey is one of the most pleasant food substances for humanity. It has many properties and contributes to the improvement of human nutrition. In Senegal, honey is an object of many speculations as for its origin and its physico-chemical and microbiological qualities. In this context, our study aims to evaluate the quality of local honey. Our study focused on six honey samples. Physico-chemical and microbiological analyses were carried out to evaluate the quality of the honey samples. The water content of the honey samples varied from 7.86 to 14.96 %. As for the ash content, the results varied from 0.13 to 0.45 %. The pH of the honey samples varies from 4.60 to 5.05, except for sample E5 which is 6.68. The total acidity values of the honey samples ranged from 10 to 26.5 mEq/kg. The IC<sub>50</sub> values for the evaluation of the antiradical activity of the honey samples ranged from 145.05 to 189.40 µg/mL. The honey samples were generally compliant to the microbiological parameters studied, with the exception of samples E2 and E3 for which we had the presence of coliform for both samples and the presence of yeast and mold for sample E2 only.



Given the results of this study, it would be necessary to do a more comprehensive study on as many local samples as possible.

---

**Keywords:** Quality Control, Honey, Chemical Analysis, Microbiological Analysis

## **Introduction**

Honey is a natural sweet substance produced by *Apis mellifera* bees from the nectar of plants or secretions from living plant parts or sap-sucking insects (Codex-Alimentarius-Commission, 1981). This noble product of the hive, which has been used since ancient times, is one of the most popular foodstuffs for humans.

Honey is a high-energy food, it is a living product that undergoes some changes over time leading to the loss of its essential qualities (Bouet Kouanou et al., 2020).

It is a complex mixture of various molecules with different proportions, which gives it both therapeutic nutritive and antioxidant properties (Lequet Laudine, 2020; Brischoux et al., 2013).

Honey can contribute to the improvement of human nutrition; it is also a significant potential source of income for the rural population due to its rather valuable market value on national markets.

Honey production in Senegal remains very negligible compared to the existing honey potential. The presence of varied natural resources in the rural areas of the coast could, however, offer the possibility of developing national honey production, and also avoid its massive importation.

Currently, in Senegal, honey is subject to a certain number of speculations, as for its origin and its physico-chemical and microbiological qualities. In addition, the consumer is confronted with the high price of this noble product and is unable to differentiate between an authentic product and a falsified one. The absence of a regulation that would oblige beekeepers to make a systematic control of their products leads to fraud and endangers the health of the consumer.

In this global context and given the nutritional value as well as the market value of honey, our work can be seen as a contribution to the study of the quality and evaluation of the antioxidant activity of local honey.

## **Methods**

### **The framework of the study**

The physico-chemical analyses (pH, humidity, anti-oxidant activity, ash content, acidity) were performed at the Laboratory of Analytical Chemistry and Bromatology of the Faculty of Medicine, Pharmacy and Odontology (FMPO).



Microbiological analyses (total mesophilic germs, coliforms, staphylococci, yeasts and molds) were carried out at the Bacteriology Laboratory of the Aristide le Dantec Hospital (HALD).

### Sampling

Our study focused on six honey samples collected during January 2020 as presented in Table 1. The samples were kept at 25 °C away from light.

**Table 1.** List of honey samples collected as well as their origin and type of packaging

Sample	Provenance	Packaging
E1	Dakar / FMPO	Glass flacon
E2	Dakar / Bop	Plastic flacon
E3	Fouta	Plastic flacon
E4	Dakar / HLM 1	Plastic flacon
E5	Dakar / HLM 2	Glass flacon
E6	Dakar / Pharmacie	Glass flacon

### Physical-chemical analysis of honey

#### • Humidity determinations

It consists in determining the percentage of mass lost by the honey after having put it in the oven for 120 min at  $105 \pm 2$  °C. 5 g of honey was weighed in a crucible and held in the oven set at  $105 \pm 2$  °C for 120 min. Humidity is expressed as follows:

$$\text{Humidity (\%)} = (M1 - M2) * 100 / M0$$

- M0 = test weight (g)

- M1 = crucible mass and test sample (g)

- M2 = mass after drying

#### • Determinations of ash content

The ash content is based on the incineration of honey in an oven (Amri et al., 2007). 5 g of honey was heated at 600 °C for 1 h. Incinerate 3 g of honey in a muffle oven at 550 °C for 1 h. The ash content is calculated as:

$$\text{Ash (\%)} = (M1 - M2) * 100 / M0$$

- M0 = test weight (g)

- M1 = residual mass after incineration (g)

- M2 = empty crucible mass

#### • Determination of pH

The pH of honey is determined by a potentiometric method using a glass electrode specific for H<sup>+</sup> ions. The pH meter is first calibrated with buffer solutions of pH 4 and 7. Then 10 g of honey is dissolved in 100 mL of distilled water (10 % honey solution). Finally, the pH of the solution is

obtained by immersing the electrodes of the pH meter in the 10 % honey solution (Belhaj et al., 2015)

#### •Determination of acidity

The free acidity is the amount of acid titratable with sodium hydroxide solution (NaOH) at pH 7 in the presence of bromothymol blue (BBT) as an indicator of the end of equivalence. The acidity measured is that of a 10 % honey solution (Lydia et al., 2017).

- Use a 10 % honey solution. The pH is first measured with a pH meter.
- Fill the burettes with 10 mL of 0.05 N NaOH.
- Take 25 mL of this solution.
- Add 2-3 drops of BBT. The reaction medium turns yellow.
- Titrate with 0.05 N NaOH until the BBT turns dark green.
- Note the equivalent volume of NaOH (Veq).

Free acidity (milliequivalents/kg of honey) =  $1000 * V_{eq} * N / M$

- Veq= volume at equivalence
- N = normality of 0.05 NaOH
- M= mass of test sample

#### •Determination of antiradical activity by DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

This method is based on measuring the ability of antioxidants to trap the DPPH radicals. Indeed, DPPH is characterized by its ability to produce stable free radicals. This stability is due to the delocalization of free electrons within the molecule. The presence of these DPPH radicals'- results in a dark violet coloration of the solution, which absorbs at around 517 nm. The reduction of DPPH radicals by antioxidant agent results in a discoloration of the solution (Bouyahya et al., 2018)

The scavenging capacity of the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical was determined by the method of (Bouyahya et al., 2018) with some modifications. Thus, 0.2 mL of the honey sample at different concentrations (30, 60, 120, and 240 µg/mL) are added to 1.8 mL of the ethanolic solution of 0.11 mM. DPPH- After an incubation time of 30 minutes in the dark and at room temperature ( $23 \pm 2$  °C), the absorbance is measured at 517 nm against an ethanol blank. Ascorbic acid used as a positive control underwent the same treatment as the honey samples.

The percentage inhibition (PI%) of the DPPH radical (DPPH-) was calculated as follows:

$$PI (\%) = (A_0 - A_1) * 100 / A_0$$

- A0 = absorbance of the DPPH solution- alone;

- A1 = absorbance of the DPPH- solution after addition of the extract

## **Microbiological analyses**

### **• Enumeration of the total mesophilic germs**

It consists of counting all the germs present in the honey samples that are capable of living between 20 and 40 °C. It is done by surface seeding of a Mueller Hinton agar (MH). A stock solution is prepared from 25 g of honey and 225 mL of distilled water (Souad, 2019). This solution is diluted 1/100 with distilled water. Then, an MH agar is surface inoculated with 10 microliters of the diluted solution. This medium is incubated at 37 °C for 24 to 36 h. The results are expressed in Colony Forming Units (CFU): one colony corresponds to 10<sup>4</sup> germs/mL.

### **• Search for specific pathogens**

#### **- Search for coliforms**

A liquid culture medium BT (Thioglucanate Broth) is inoculated with 10 mL of honey and incubated at 37 °C for 18 to 24 h. Then two Eosin-Methylene Blue (EMB) media are inoculated with 100 µl of the BT broth. EMB1 is incubated at 37 °C for total coliforms while EMB2 is incubated at 44 °C for fecal coliforms. Incubation is done in an oven for 18 to 24 h.

#### **- Search for Staphylococcus aureus**

A liquid culture medium BT (Thioglucanate Broth) is inoculated with 10 mL of honey and incubated at 37 °C for 18 to 24 h. Then a Chapman medium (hypersalted agar medium with 7.5 % NaCl containing mannitol) is inoculated with 100 µL of BT broth. After incubation at 37 °C for 18 to 24 h, the identification of the Staphylococcus aureus will be made by the coagulase test in case of a positive culture.

#### **- Search for yeasts and molds**

A liquid culture medium BT (Thioglucanate Broth) is inoculated with 10 mL of honey and incubated at 37 °C for 18 to 24 h. Then, a Sabouraud medium is inoculated with 100 µL of BT broth and incubated at 22 °C for 5 days.

## **Statistical analysis**

All measurements were made in triplicate and presented as mean ± standard deviation. For the evaluation of the anti-radical activity, regression analyses were performed (Figure 1) using the linear and logarithmic equations for the determination of the concentration of the extract that inhibits 50 % (IC<sub>50</sub>) of the DPPH- radical. These analyses were performed using Excel version 2016.

## Results

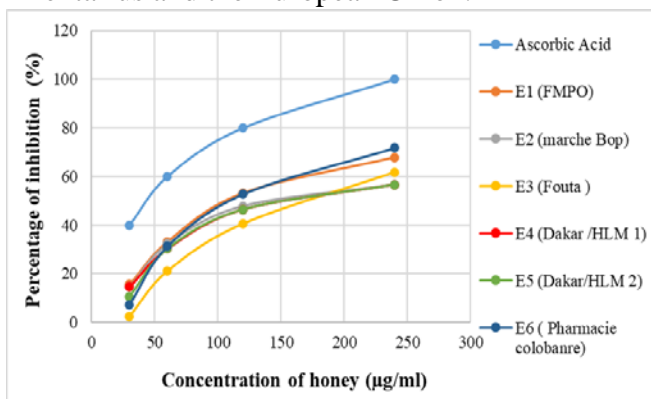
### Physico-chemical analyses

The results of the physico-chemical analyses of the studied honey samples are presented in Table 2. The values obtained by our samples were compared with the standard of the European Union (EU) and the codex Alimentarius.

**Table 2.** Results of the physico-chemical analysis of honey samples

Physico-chemical parameters	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Standard EU	Standard Codex
Humidity (%)	12.51 ±0.14	10.40 ±0.22	7.86 ±0.20	8.98 ±0.18	14.96 ±0.19	13.24 ±0.27	≤ 21	≤ 21
Ash (%)	0.45 ±0.05	0.30 ±0.03	0.13 ±0.10	0.15 ±0.05	0.28 ±0.02	0.28 ±0.02	≤ 0.6	< 0.6
Acidity (mEq/kg)	19.05 ±0.36	10.00 ±0.40	26.5 ±0.84	10.04 ±0.25	12.02 ±0.27	11.5 ±0.56	≤ 50	≤ 40
pH values	4.66 ±0.05	4.60 ±0.04	4.94 ±0.05	5 ±0.06	6.68* ±0.10	5.05 ±0.07	]3.5 – 5.5 [	] 3.5 – 5.5 [
* non-conforming								

Humidity contents of Honey samples ranged from 7.86 % to 14.96 % and were within the limit set by the European Union and Codex Alimentarius. Regarding the ash content, the results ranged from 0.13 to 0.45 % and were below the standard value of 0.6 %. The pH of the honey samples ranged from 4.60 to 6.68 and agreed with the Codex Alimentarius recommendations and the EU except for sample E5. The total acidity values of the honey samples were between 10 and 26.5 mEq/kg and were within the normal range set by the Codex Alimentarius and the European Union.



**Figure 1.** Percentage of DPPH radical inhibition of different honey samples

The IC<sub>50</sub> values of the honey samples ranged from 145.05 to 183.08 µg/mL. According to Figure 1, there is an increase in the percentages of DPPH radical inhibition as a function of the concentrations tested for all honey

samples, with the lowest IC50 value indicating a high free radical scavenging capacity.

The E1 honey sample shows the most interesting antioxidant activity with lower IC50 values of 114.17 and 145.05 µg/mL according to the logarithmic and linear models, respectively Table 3.

**Table 3.** Concentrations of honey capable of inhibiting 50 % of the DPPH radical and the Coefficient of determination of the linear and logarithmic regression lines

Samples	Linear Model		Logarithmic Model	
	IC50 (µg/mL)	R2	IC50 (µg/mL)	R2
E1	145.05	0.90	114.17	0.99
E2	179.99	0.82	154.23	0.98
E3	183.08	0.93	163.27	0.98
E4	182.99	0.85	160.16	0.99
E5	182.34	0.88	159.45	0.98
E6	145.39	0.89	114.44	0.99
Ascorbic Acid	37.50	0.90	42.42	1

### Microbiological analyses

The results of the microbiological analyses of the honey samples are presented in Table 4.

**Table 4.** Results of microbiological analysis of honey samples

Samples	total mesophilic germs (CFU/mL)	Staphylococcus aureus	Coliforms	Yeasts and molds
E1	04	Absence	Absence	Absence
E2	15	Absence	Presence	Presence
E3	19	Absence	Presence	Absence
E4	05	Absence	Absence	Absence
E5	< 1	Absence	Absence	Absence
E6	< 1	Absence	Absence	Absence
Norme	< 10	Absence	Absence	Absence

The honey samples were generally compliant for the microbiological parameters investigated except samples E2 and E3 where there is presence of coliforms and total mesophilic germs are greater than 10 CFU/mL.

### Discussion

Humidity content is an important element in assessing the degree of maturity of honey and its suitability for storage (shelf life). Generally, a high-water content causes the fermentation of honey and the loss of its flavor and quality (Machado De-Melo et al., 2018). The examination of the results shows that Humidity contents of the analyzed honey samples varied between 7.86 and 14.96% and were lower than 21% which is the maximum limit fixed by the European Union (European Directive 2001/110 EC, 2003) and the Codex

Alimentarius (Codex-Alimentarius-Comission, 1981). Thus, the honey samples studied showed good prospect to be preserved.

Regarding the ash content, all the honey samples analyzed showed values within the limit set by the international standards which is a maximum of 0.6 %. According to Bogdanov, (1999) the ash content is related to the botanical and geographical origins of honey and is higher in dark honey. Currently, this parameter tends to be replaced by the measurement of electrical conductivity (Bogdanov, 1999).

The pH values of the studied honey samples, except for E5 (6.68), were between 4.60 and 5.05, hence their acidic character. These values are following the Codex Alimentarius and the EU standards of the pH between 3.5 and 5.5.

The acidity of the honey results from the oxidation of glucose into gluconic acid by glucose oxidase (Lydia et al., 2017). It is an important factor of inhibition of the growth of micro-organisms and the stability of honey. The high pH value of the E5 sample may be due to adulteration with ordinary sugar syrup resulting in a pH higher than normal. The total acidity values of the honey samples ranged from 10 to 26.5 mEq/kg and are within the normal range set by the Codex Alimentarius and the European Union. The total acidity of honey is due to the presence of inorganic ions such as phosphates and chlorites and free or combined acids in the form of lactone (Léopold et al., 2008). It increases as honey ages or is altered by fermentation.

IC50 values of honey samples ranged from 145.05 to 183.08  $\mu\text{g}/\text{mL}$  and were far higher than those reported by (Bouyahya et al., 2018) (61 - 80  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ). As a result, the honey samples analyzed in this study have less antioxidant activity. The free radical scavenging capacity of honey would be due to the presence of phenolic compounds because a proportionality relationship was found between the antioxidant potential of honey and polyphenol content (Beretta et al., 2005) the antioxidant properties of honey would derive from the therapeutic properties attributed to this food; moreover, in this study, it was found that samples of the honey packaged in glass bottles had higher antioxidant activity than those packaged in plastic, it would seem that the packaging has an impact on the antioxidant activity.

Concerning microbiological parameters, the honey samples studied were generally compliant except for E2 and E3 samples where the presence of total coliforms, yeasts and molds and a total mesophilic germ higher than 10 CFU/mL were noted. These results are similar to those obtained by Coulibaly B et al., (2019) on honeys collected in Worodougou region, Séguéla (Côte d'Ivoire) and in the town of Daloa.

Fecal coliform testing is performed to monitor fecal contamination of food due to poor hygiene conditions. It is often referred to as E. coli testing because of its rapidity. It should be noted here that the group of fecal coliforms

is defined "administratively" and not on taxonomic bases; they are not necessarily *E. coli* and *E. coli* does not necessarily represent all fecal coliforms.

## **Conclusion**

The general objective of this study was to contribute to the promotion of the health of Senegalese populations through the consumption of quality local honey. It concerned six (06) honey samples which were analyzed from the physico-chemical and microbiological points of view.

From the physico-chemical point of view, the majority of honey samples analyzed met the standards set by the Codex Alimentarius Commission. Indeed, the humidity of the samples varied between 8 and 15% and the pH was between 4.6 and 5.05 except for one sample where a pH of 6.68 was found. The free acidity of the honey studied was between 10 to 26.5 mEq/kg.

The study of the antioxidant activity of honey samples by the DPPH radical scavenging method showed that the honey samples had a relatively low antioxidant activity compared to that of the reference sample (ascorbic acid). Microbiologically, the honey samples were generally compliant except E2 and E3 samples where the presence of total coliforms, yeasts and molds and a total mesophilic germ greater than 10 CFU/mL were noted.

Given the results of this study, it would be relevant to widen and deepen the investigations by a significant increase in the number of samples and by carrying out as complete an analysis as possible. This should make it possible to obtain much more exhaustive data on the quality of honey consumed in Senegal.

## **What is already known on this topic**

- ✓ Honey is a living product that undergoes over time several changes leading to the loss of its essential qualities.
- ✓ Honey can contribute to the improvement of human nutrition

## **What this study adds**

- ✓ Study of the antioxidant activity of honey samples
- ✓ Implementation of a protocol for the detection of specific pathogens in honey

## **Authors' contributions**

Souleymane Aidara and Assane Dieng have designed the work, wrote, corrected, and validated the manuscript. Souleymane Aidara carried out the physico-chemical and microbiological analyses in the laboratory and wrote the first draft of the manuscript; Amadou Diop corrected and validated the

manuscript interpretation of the data and revised the first draft of the manuscript.

### **Acknowledgments**

We would like to thank all the staff of the Laboratory of Analytical Chemistry and Bromatology of the Faculty of Medicine, Pharmacy and Odontology, and the Laboratory of Bacteriology of the Aristide Hospital Dantec.

### **References:**

1. Amri, A., Ladjama, A., & Taha, A., (2007). Study of some honeys produced in the Algerian East: Physico-chemical and biochemical aspect. *Synthesis Review*.17, 57-63.
2. Belhaj, O., Oumato, J., & Zrira, S. (2015). Physico-chemical study of some types of Moroccan honeys. *Moroccan Journal of Agronomic and Veterinary Sciences*. 3(3), 71-5.
3. Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M., & Facino, RM., (2005). Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/ fluorimetric assays and chemometrics. *Analytica Chimica*, 533, 185–191.
4. Bogdanov, S. (1999). crystallization and liquefaction of honey. *Swiss Bee Research Center* .05p
5. Bouet Kouanou, E.f., Belco Latifou, A., Adda, C., Edah, L., & Vissienon C. (2020). Le Miel : Facteurs Influençant sa Qualité. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*. 21, 79-107.
6. Bouyahya, A., Abrini, J., Et-Touys, A., Lagrouh, F., Dakka, N., & Bakri, Y. (2018) Phytochemical analysis and evaluation of antioxidant activity in samples of Moroccan honey. *Phytotherapy*.16, S220-4.
7. Brischoux, S., Desmoulière, A., Faucher, Y., Pautard, G., & Sparsa, A. (2013). Honey: quality, products and use. *Pharmaceutical News*. 52(531), 26-31.
8. Codex-Alimentarius-Commission. (1981). Revised Codex Standard for honey Codex Stan 12-1981, Rev. 2 in *Standards and Standard Methods*. p. 12.
9. Coulibaly, B., Diomandé, M., & Konaté, I. (2019). Microbiological Quality, Physico-chemical Properties and Sensory Profile of Honeys from the Worodougou Region, Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*. 15(30), 72-93.
10. European Directive 2001/110 EC. (2003) called "Honey Directive", transcribed into French law by the decree n°2003-587 (called: Honey Decree).



11. Léopold TN, Augustin M, Alphonsine Y, Fohouo T, Nestor F, & Robert N. (2008). Influence of heating and conditioning on the microbiological quality and the physico-chemical properties of honeys of some localities around Ngaoundéré 'Cameroun'.20 :8.
12. Laudine, L. (2020). From nectar to quality honey (analytical controls of honey and practical advice for the amateur beekeeper) Thesis. France: Claude Bernard University, Lyon; National Veterinary School, Lyon.
13. Lydia, Y.C., & Nassima, B. (2018). Quality control of local and imported honeys. Thesis. Algeria: Université Mouloud Mammeri faculty de medicine Tizi Ouzou department of pharmacy.
14. Machado De-Melo, A.A., Almeida-Muradian, L.B., Sancho, M.T., & Pascual-Maté, A. (2018). Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research*. 57(1), 5-37.
15. Souad, S. (2019) Evaluation of the quality of honey from the region of BENI CHOGRANE MASCARA Dissertation of Master 2 in Agronomic Sciences. Algeria: University of Mostaganem Abdel Hamid Ibn Badis.

## Design of a Miniaturized Implantable PIFA with DGS for the Investigation of Uterus Fibroids

*Mousume Samad*

*Md. Mostafizur Rahman*

Department of Electronics and Communication Engineering, Khulna  
University of Engineering & Technology, Khulna, Bangladesh

*S. M. Shamim*

Department of Information and Communication Technology, Mawlana  
Bhashani Science and Technology University, Dhaka, Bangladesh

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p211](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p211)

---

Submitted: 12 August 2021

Accepted: 20 September 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

N'Guessan A.H., Gogoue D.O., Anougba B.D., Dembélé I. & Allou K. (2021). *Evaluation de Différents Types de Substrats sur Le Développement des Plantules de Palmiers À Huile (Elaeis Guineensis Jacq.) en Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 211.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p211>

---

### Abstract

Continuous follow-up of unusual fibroids growth in the uterus is critical for minimizing the unwanted complexities of female's certain health conditions. This article presents an implantable circular-shaped multi-facet PIFA for early detection of uterus fibroids. The radius of the circular antenna is 7.5 mm with the dimension of  $\pi \times (7.5)^2 \times 1.58 \text{ mm}^3$ . The antenna has maximum return loss of 37 dB at 2.43 GHz, is suitable for ISM band use. Being low profile makes it entirely implantable in uterus. To expand the radiation efficiency and enhance the bandwidth two dielectric substrates of FR-4 and Rogers RO 3210 with each thickness of 0.79 mm are utilized. Top and bottom sides of the antenna have covered with Teflon to ensure biocompatibility. Defected ground structure has been used for size reduction as well as bandwidth increase. The performance of the antenna is also investigated in free space, biocompatible layer, and uterus layer. The estimated specific absorption rate is 0.36 W/kg when implanted in uterus.

---

**Keywords:** PIFA (Planner Inverted-F Antenna), Industrial, Scientific, and Medical (ISM) Bands, DGS (Defected Ground Structure), Specific Absorption Rate (SAR)

## I. Introduction

Uterine fibroids are amiable tumors that begin in the uterus. Enormous fibroids may cause excessive bleeding because fibroids may create iron inadequacy frailty (Uterine, 2020). That's why the early detection process may control the abnormal growth of fibroids. For this, some techniques include Ultrasound, Magnetic resonance imaging (MRI), Hysterosonography, Hysteroscopy, etc. have been used for the detection of fibroids (Uterine Fibroids, 2020). However, traditional ultrasound doesn't provide accurate size information and the MRI process is expensive. Besides Hysterosonography, Hysteroscopy is painful to patients for continuous fibroid monitoring. Subsequently, Implantable medical devices (IMDs) play a vital role in various medical applications including monitoring during this COVID-19 pandemic period. For this monitoring system, an antenna is one of the major parts of IMD that should be implemented into the patient's body (Soliman, 2021). The deployment of an implantable antenna can offer two advantages, the first one is the mobility of the patient, and the second one is the location independent monitoring facility that focuses on real-time monitoring (Shokry, 2013).

Several types of antennas have been recommended in the literature for such applications. These are slotted antenna, microstrip antenna, and planer inverted-F antenna (PIFA). However, miniaturization of these antennas is a key challenge to make them applicable in implantable medical devices. There are various reasons for the selection of PIFA antenna (Azzaz, 2021). By connecting only a shorting pin between the patch and the ground, a simple micro patch antenna can be converted to a PIFA antenna (Al-Faruk, 2019 and Wong, 2004) helps to miniaturize. Moreover, different strategies can be applied to reduce the dimension of the antenna and to enhance the performance. For instance, the meandering technique in PIFA can reduce the size of the antenna and can improve the RF performance. Meandering in PIFA can likewise provide a more current conduction path (Ali, 2017).

It can be observed that the resonant frequency of the antenna is significantly lowered by inserting slots in the antenna's ground plane, which can lead to a large antenna size reduction for a fixed frequency operation and increase bandwidth (Nawale, 2014). It is regarded as defected ground structure (DGS).

According to the Federal Communications Commission (FCC), various frequencies are assigned for medical implants. Usually, the medical implant communications service (MICS) is allocated a band (402-405 MHz)

for the implantable medical devices. The industrial, scientific, and medical (ISM) bands (433-434.8 MHz, 902-928 MHz, 2.4-2.48 GHz) and the wireless medical telemetry services (WMTS) band (1395-1400 MHz) have also been suggested for the implantable medical devices (Guo, 2017). These bands provide a wide frequency range for biomedical applications. However, the ISM band has been more suitable for biomedical applications due to its high-frequency bandwidth (Sinha, 2021). Compare to others, the ISM band allows making the wavelength smaller as well as obtain a higher bit rate after implantation and assists the biotelemetry system (Islam, 2016).

For avoiding different side effects of an implantable antenna in the human body, a biocompatible layer can be used. A PIFA antenna coated with a biocompatible material helps to minimize the side effects on the surrounding tissues (Singh, 2021). Additionally, this coating can prevent toxic reactions or effects or protect from any injury in the human tissues. Therefore, biocompatible material ensures the protection of the adverse environment in a complex uterus layer from radiation (Merli, 2011). Hence, the important factors to design an implantable antenna like miniaturization, bandwidth requirement, radiation efficiency, and performance of the antenna in free space, biocompatible layer, and uterus layer should be analyzed.

Different types of implantable antennas have been designed by many researchers for biomedical applications such as circular PIFA, Multilayer dipole antenna, slot PIFA antenna, Archimedean spiral PIFA, etc. (Islam, 2018). For instance, (Ali, 2017) proposed a circular-shaped Planner inverted-F antenna resonates at 2.45GHz in ISM band having a dimension of  $\pi*(8.5)^2*1.5$  for implantable application inside Biological Phantom Design with about bandwidth of 47.4MHz. In another study, (Hossain, 2017) designed a compact triple-band PIFA antenna of size 10 mm × 10 mm × 1.5 mm for implantable application inside voxel model that operates at medical (ISM) band 915 MHz, wireless medical telemetry service (WMTS) band 1.43 GHz, and ISM band 2.45 GHz.

Besides, a miniature multilayer Archimedean spiral PIFA antennas with a volume of design are less than 60 mm<sup>3</sup> (Kumar, 2019). The antenna resonates at MICS (402-405MHz) and ISM Band (433-435MHz) in human body tissue models. Implantable compact PIFA antenna with a slot-less ground plane which reduces the design complexity and operates in ISM band range of Human Body Model is constructed by (Miran, 2019). Moreover, (Sultana, 2017) proposed a rectangular-shaped Implantable PIFA antenna with a dimension of 12.5 × 12.5 mm<sup>2</sup> inside the Brain, Breast, and Muscle of a Human Phantom Model that provides resonant frequency at 404MHz. The maximum return loss of the antenna is 25 dB. On the other hand, a compact circular stacked implantable dipole antenna with a dimension of  $\pi * (10)^2 * 2.8$  mm<sup>3</sup> is proposed for the ISM band. This antenna resonates at 915 MHz and

the 10 dB impedance bandwidth of 10 MHz in a three-layer human body model to verify the feasibility of implant (Hosain, 2012).

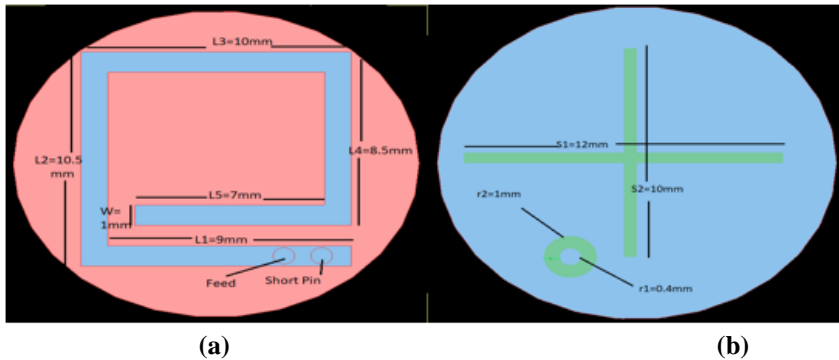
In this paper, a multi-facet circular shape meandered PIFA is designed and simulated for implantable medical applications. The design of the antenna and its performance in free space has been presented in Section II. The design of the uterus phantom model has been shown in Section III. This section also includes the performance of the antenna with a biocompatible layer in the uterus layer model. Section IV provides the calculation of the specific absorption rate (SAR), Section V remarks the comparison between several environment and different antennas. Finally, the Conclusion of the work is highlighted in Section VI.

## I. Antenna Design

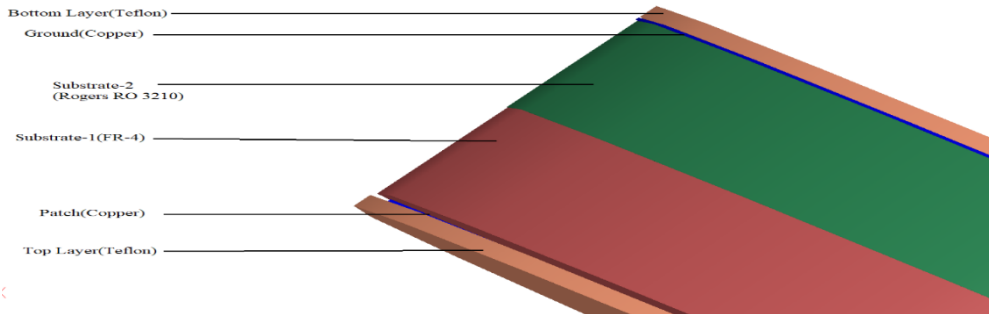
### A. Configuration of Miniaturized implantable Antenna

The proposed multilayer circular meandered PIFA at a resonance frequency of 2.4 GHz is designed using XFDTD software. The circular shape is used as it is easy to implant and it does not damage surrounded tissues. The antenna dimension is  $\pi * (7.5)^2 * 1.58 \text{ mm}^3$ . A geometrical value of the purposed circular PIFA for the top view and the bottom view is shown in Fig. 1(a) and Fig. 1(b) respectively. The proposed antenna was constructed with conducting meandered patch, a substrate, and ground with DGS. In this design, the substrate has been embedded between the patch and ground. To increase the radiation efficiency, two-layer dielectric substrates namely FR-4 and Rogers RO 3210 are used which have dielectric constants ( $\epsilon_r$ ) of 4.3 and 10.2 respectively; and loss transients ( $\delta$ ) of 0.025 and 0.003 respectively. The height of the antenna is 1.58mm while each side of the dielectric substrate is 0.79mm thick. The radius of the substrate is 7.5mm. The meandering technique is used to miniaturize the antenna. The width of the meandered line is 1mm. One layer is connected with another layer by a conductive shorting pin. DGS has been achieved by cutting a slot of plus-shaped configuration on the ground plane. This defect disturbs the current distribution in the ground plane and assists control with contributing impedance and excitation of radio waves in the substrate. The ground defect has been varied to achieve the optimum performance. The antenna needs to keep in the biocompatible layer to achieve compatibility. The biocompatible material Teflon (dielectric constant  $\epsilon_r = 2.25$ , loss transient  $\delta = 0.0001$ ) with a thickness of 0.1mm has been covered to the antenna both top and bottom layer so that the radiation of the antenna does not cause a toxic effect in the tissues. The coaxial feeding technique is used to obtain simulation results. Matching is required between the feed line and the antenna to get maximum energy transmission and reception. The feeding location is important to match the impedance of the PIFA. The antenna input impedance depends on the location of the feed line

with respect to the shorting pin. The side view of the antenna has appeared in Fig. 2 and the measurement of its constituents is mentioned in Table I.



**Fig. 1.** Geometry of proposed Antenna (a) Top Layer (b) Bottom Layer



**Fig. 2.** Orientation of different layers in proposed antenna

**Table I.** Geometrical Dimension Of The Proposed Antenna

Parameter	Material	Value(mm)
Substrate	Layer 1: FR-4 ;Layer 2: Rogers RO 3210	Radius:7.5mm; Thickness for Layer 1=0.79mm;Thickness for Layer 2=0.79mm
Patch	Copper	L1=9mm; L2=10.5mm; L3=10mm; L4=8.5mm; L5=7mm; W=1mm; Thickness= 0.01778 mm
Feed Line	Copper	Inner Radius r1:0.4mm; Outer Radius r2:1mm
Biocompatible Top layer and bottom layer	Teflon	Radius:7.5mm ,Thickness=0.1mm
Shorting Pin	Copper	Radius:0.4mm.
Ground with DGS	Copper	Radius:7.5mm;S1=12mm;S2=10mm

The step-by-step design procedures of the proposed antenna are shown in the flow chart

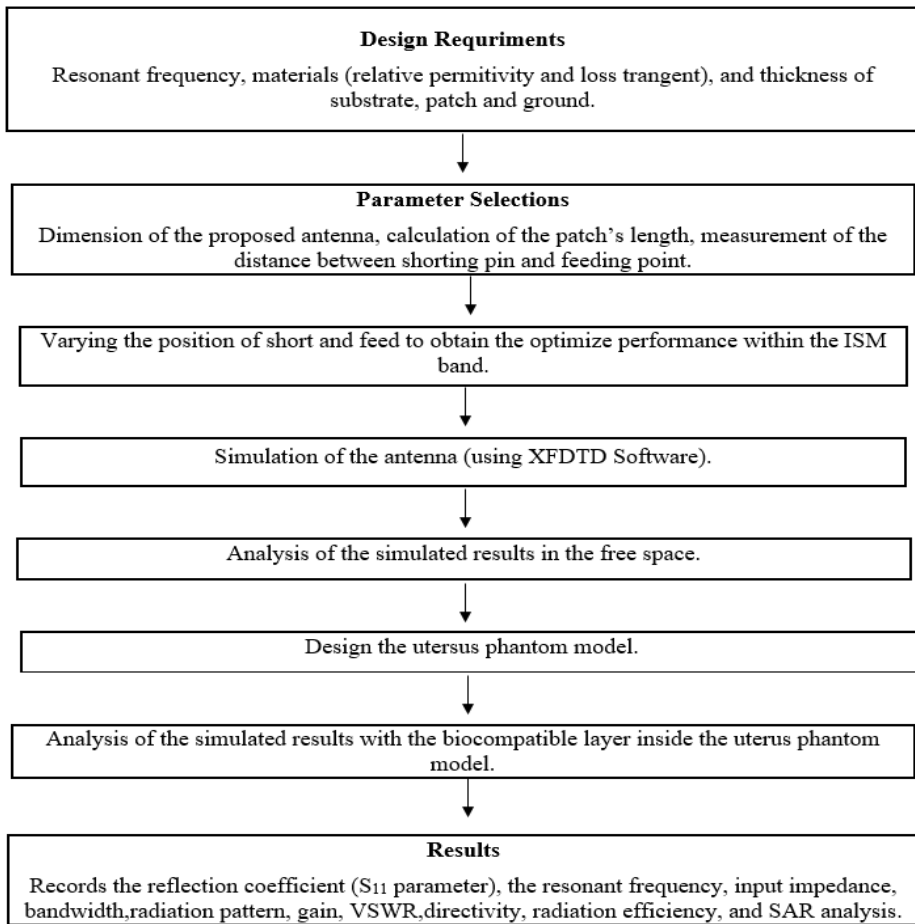


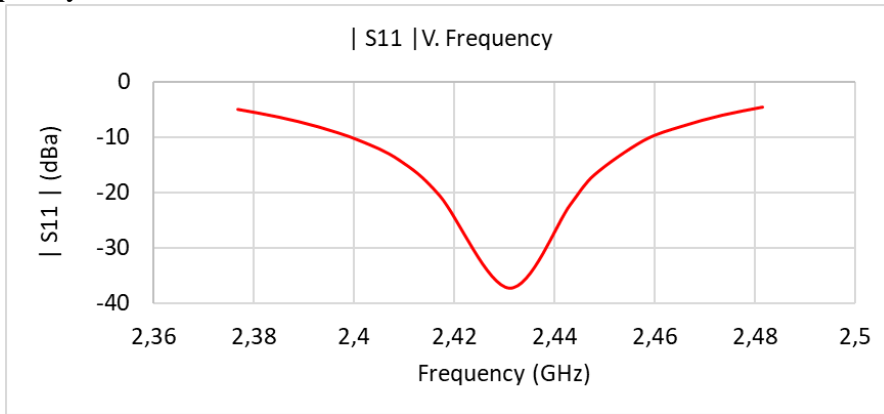
Fig. 3. Flow chart of the proposed antenna

### B. *Simulation result in free space*

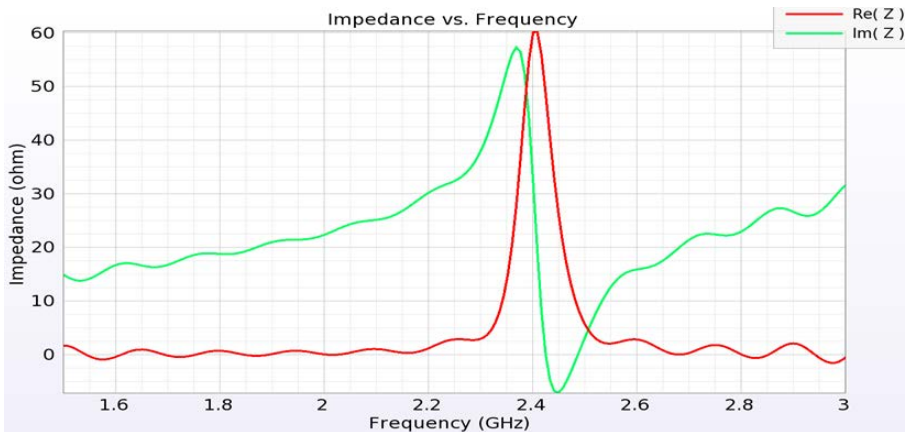
Starting with free space analysis, the antenna parameters including resonant Frequency,  $S_{11}$ , VSWR, Radiation Efficiency, Maximum Gain, Bandwidth, etc. have been studied. The antenna is optimized using the basic trial and error method while basis provided from the study of the surface current distribution.

The reflection coefficient ( $S_{11}$ ) of the proposed multi-facet with DGS PIFA antenna in free space has been shown in Fig. 4. It implies that the antenna resonates at 2.43 GHz which lies in the ISM band. The lowest magnitude of  $S_{11}$  parameters is also -37 dB. Fig. 5 plots simulated input impedance of the proposed antenna. The input impedance of the designed antenna in free space is  $48.946-0.347i \Omega$  at 2.43 GHz. The bandwidth of the proposed antenna in free space is 56.7 MHz. The gain and directivity in free space are found -12.521dBi and 6.5555dBi respectively. The 2D which includes both E-plane

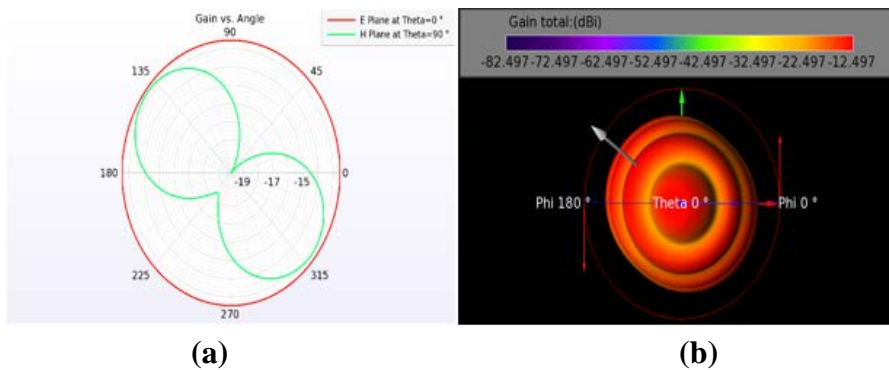
and H-plane patterns and 3D radiation has been shown in Fig. 6(a) and Fig. 6(b). The radiation efficiency is 1.24% and VSWR has been 1.077 at resonant frequency.



**Fig. 4.** The reflection coefficient of proposed antenna in free space



**Fig.5.** Input impedance versus frequency of the designed antenna



**Fig.6.** Antenna in free space

- a) 2D radiation pattern of the antenna
- b) 3D radiation pattern of the antenna



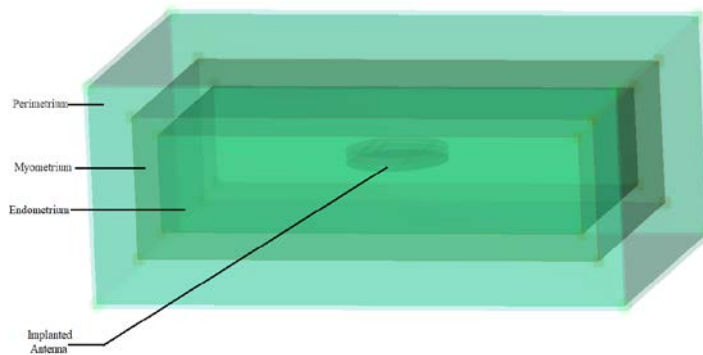
## I. Phantom Model Of Uterus

### A. Uterus phantom model design

The human uterus is a pear-shaped muscular organ. The standard dimensions of the Normal uterine are  $7.6 \times 4.5 \times 3 \text{cm}^3$  (Parmar, 2016). No pregnant uterine size shifts with age, number of pregnancies, and patient endocrinological status. Ordinary grown-up uterus measures around 7.2-9.0cm long, 4.5-6.0cm wide what's more, 2.05-3.5cm deep (Parmar, 2016). The uterine wall has been constructed with three layers from innermost to outermost are endometrium, myometrium, and perimetrium respectively. Using the 3-layer rectangular, the characteristic of the designed antenna has also been investigated. Table II represents the dielectric properties of these three-layer tissues which are used in this simple rectangular model (Density, 2020), (Dielectric, 2020). The dimension of this model is  $80 \text{mm} \times 50 \text{mm} \times 30 \text{mm}$ . This model consists of three different tissues including endometrium, myometrium, and perimetrium. The thicknesses of the endometrium, myometrium, perimetrium are 3mm, 5mm, and 0.5 mm respectively (Andolf, 1996), (Person, 2020), (Wei, 2015). The antenna is embedded into this phantom model as shown in Fig.7. In this condition, the antenna characteristics are analyzed.

**Table II.** Dielectric Properties Of The Three Layer Uterus Model [19-23]

Layer Name	Thickness	Permittivity	Conductivity (s/m)	Mass Density( $\text{kg/m}^3$ )
Endometrium	3 mm	52.7667	1.5134	1078
Myometrium	5 mm	52.7	1.74	1090
Perimetrium	0.5 mm	43.1	1.68	1027



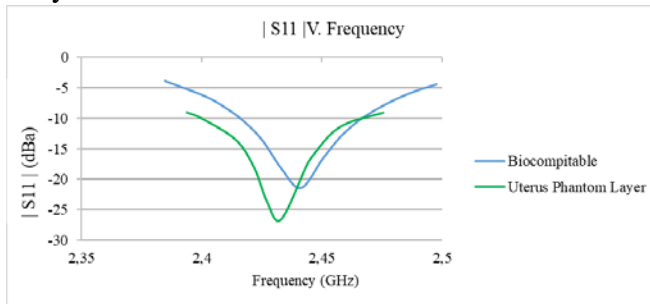
**Fig.7.** The Proposed Uterus phantom model

### B. Simulation result in Phantom model (with biocompatible layer)

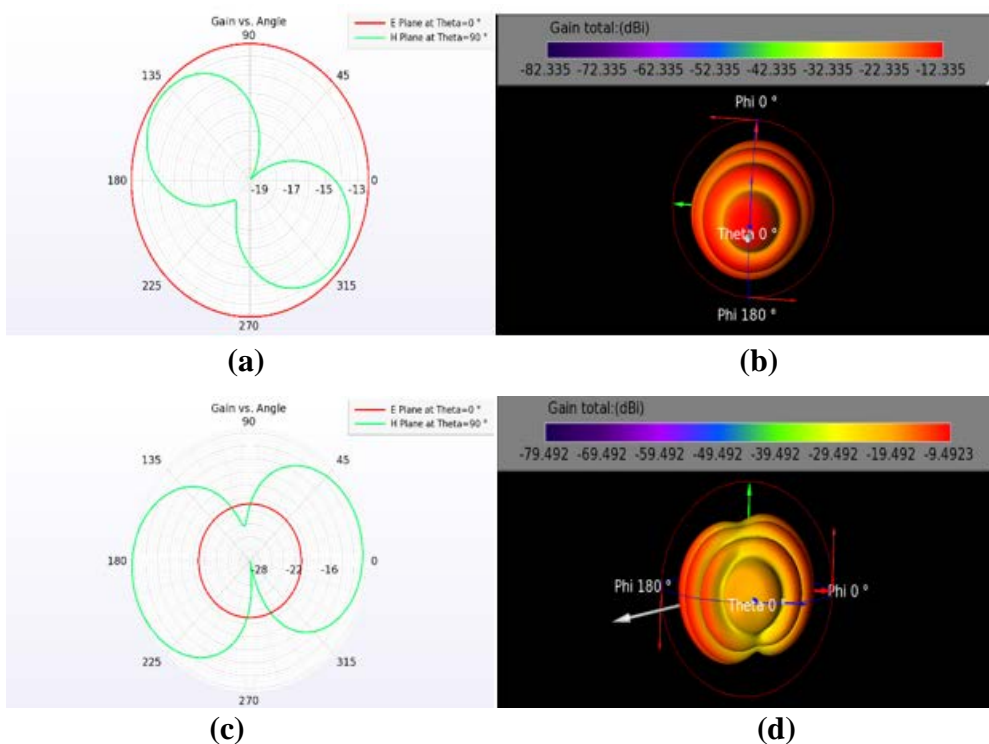
The reflection coefficient of the proposed multi-facet with DGS PIFA antenna with biocompatible layer and inside uterus layer has been shown in

Fig.8. The antenna resonates at 2.44 GHz with a reflection coefficient of -21 dB when the antenna coated with the biocompatible material.

The antenna with biocompatible material coating has been inserted in the uterus phantom model. Now, the antenna resonates at 2.43 GHz of lowest magnitude  $S_{11}$  parameter is -26 dB. The bandwidth of the proposed antenna in the biocompatible layer and the uterus phantom model is 48.3 MHz and 61.2 MHz respectively.



**Fig.8.** The reflection coefficient of proposed antenna in biocompatible layer and uterus model layer

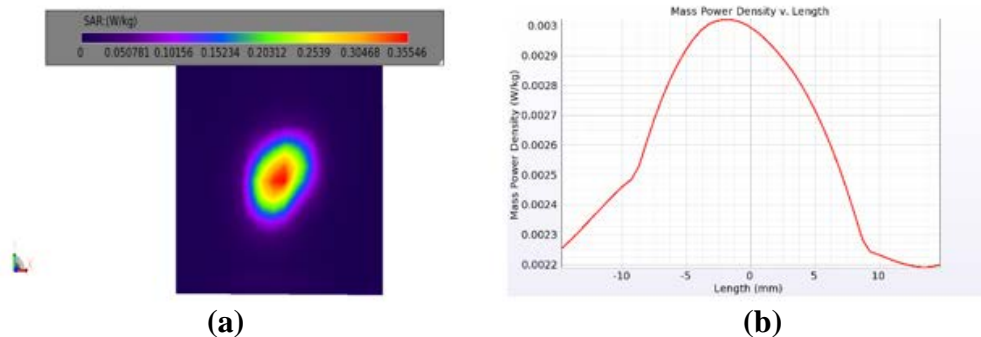


**Fig.9.** Radiation pattern of the antenna (a) 2D radiation pattern inside biocompatible layer, (b) 3D radiation pattern inside biocompatible layer, (c) 2D radiation pattern inside uterus phantom model, and (d) 3D radiation pattern inside uterus phantom model

Fig.9 shows the 2D and 3D radiation patterns of the proposed antenna in the biocompatible layer and uterus phantom model. In the biocompatible layer, the gain and directivity are -12 dBi and 6.7 dBi respectively. The gain and directivity are - 9.5 dBi and 8.9 dBi respectively have been observed in the uterus phantom layer. Besides, the radiation efficiency and VSWR in the biocompatible layer are 1.30% and 1.175 respectively. Finally, the radiation efficiency and VSWR are 1.46% and 1.098 respectively when the antenna is placed in the uterus model layer.

### I. Sar Analysis

Specific Absorption Rate (SAR) is related to patient safety. The surrounding tissues absorbed the electromagnetic power that should be calculated to assess the safety requirement of implanted antenna (RF Safety, 2020). The Specific absorption rate (SAR) is measured at 2.43 GHz by absorbing the energy through the layer of the uterus. The SAR value for 1g averaged is 0.355464 W/kg which passes the safety requirements. The maximum local SAR value is 142.5 W/kg when 1W power is delivered to the proposed antenna. Therefore, the implant antenna should not excited with more than 2.49 mW power to satisfy the safety regulation. Fig.10 (a) and (b) demonstrates the cloud plot and line plot of the SAR (W/Kg) respectively.



**Fig. 10.** Maximum SAR (W/Kg) value inside uterus Phantom model (a) Cloud plot (b) Line plot

### I. Comparison

To obtain a clear view of the proposed antenna's performance the comparison between three cases are presented. Some important parameters like reflection coefficient, VSWR at the resonant frequency, radiation efficiency, maximum gain, directivity, radiation pattern, bandwidth, etc. can be considered to evaluate the suitability of the implantable antenna. The comparison between these parameters in free space, inside the biocompatible layer, and in the uterus model layer are presented in Table III.

The proposed antenna are comparable with the other presented antennas for the similar application as shown in Table IV.

**Table III.** Comparative Analysis Of The Antanna In Free Space, Inside The Biocompatible Layer, And Inside The Uterus Model

Parameters	Antenna in Free Space	Antenna inside Biocompatible Layer	Antenna inside the Uterus Phantom
$S_{11}$ (dB)	-37.194	-21.4288	-26.6348
Impedance Bandwidth	56.73MHz	48.34MHz	61.24MHz
Resonant Frequency	2.431GHz, ,	2.44126GHz	2.4329GHz
VSWR at Resonant Frequency	1.077	1.175	1.098
Radiation Efficiency (%)	1.24%	1.30%	1.46%
Maximum Gain	-12.521dBi	-12.335dBi	-9.4923dBi
Directivity	6.5555dBi	6.6526dBi	8.8684dBi

**Table IV.** Comparative Analysis Of The Proposed Antenna With The Existing Works

Parameters	Proposed Design	Circular PIFA Antenna ( Ali,2017)	Multilayered Dipole Antenna (Hosain, 2012)
Dimension (mm <sup>3</sup> )	$\pi * (7.5)^2 * 1.58$	$\pi * (8.5)^2 * 1.5$	$\pi * (10)^2 * 2.8$
Resonant Frequency	2.4329GHz	2.45 GHz	2.45 GHz
Maximum Gain(dBi)	-9.4923dBi	-14.68dBi	-29dBi
Directivity(dBi)	8.8684dBi	3.228dBi	-----
VSWR	1.098	-----	-----
Bandwidth	61.24MHz	53MHz	10MHz

## I. Conclusion

In this paper, a miniaturized implantable multi-facet PIFA antenna with DGS presented. The antenna operates at a frequency of 2.43 GHz. The proposed antenna is compact with dimension of  $\pi \times 7.5^2 \times 1.58$  mm. The antenna performances with free space, biocompatible material coating, and uterus model layer have been analyzed. The simulation results show that the antenna impedance bandwidth is 61.2 MHz. The antenna has stable characteristics in the uterus model layer according to the performance parameters of gain and directivity.

## **Declarations**

### **Conflicts of interest/Competing interests**

The authors have no relevant financial or non-financial interests to disclose.

### **Authors' contributions**

All authors contributed to the study, conception, design, and simulations. Data collection, analysis, and simulation were initially carried out by Mousume Samad, Md. Mostafizur Rahman and S. M. Shamim. Additional input to analysis and simulation was given by Mousume Samad. All authors contributed to complete the writing and presentation of the whole manuscript.

### **References:**

1. "Uterine Fibroids Symptoms, Treatment, Causes & surgery", Online Available:  
[https://www.medicinenet.com/uterine\\_fibroids/article.htm](https://www.medicinenet.com/uterine_fibroids/article.htm),  
Accessed: 23-09-2020.
2. "Uterine Fibroids-Diagnosis and treatment", Online Available:  
<https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/uterine-fibroids/diagnosis-treatment/drc-20354294>, Accessed:4-10-2020.
3. Shokry, M. A., & Allam, A. M. M. A., "Implanted Antenna in Brain". In 2013 Loughborough Antennas & Propagation Conference (LAPC) (pp. 630-633). IEEE, 2013, November.
4. A. Al-Faruk, K. Abdul Mazed, S. T. Islam and M. L. Rahman, "An On-Body Matched Planar Inverted-F Antenna for Biotelemetry System," 2019 International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST), pp. 553-558, 2019.
5. Wong, K. L. (2004). Compact and broadband microstrip antennas (Vol. 168). John Wiley & Sons.
6. Sinha, S., Hasan, R.R., Niloy, T.S.R. and Rahman, M.A., "Antenna design and fabrication for biotelemetry applications," International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), 11(4), pp.3639-3646, 2021.
7. Soliman, M.M., Chowdhury, M.E., Khandakar, A., Islam, M.T., Qiblawey, Y., Musharavati, F. and Zal Nezhad, E., "Review on Medical Implantable Antenna Technology and Imminent Research Challenges," Sensors, 21(9), p.3163, 2021.
8. Azzaz-Rahmani, S., Zerrouki, H. and Dekkiche, L., "Novel Microstrip Patch Antenna for implantable medical telemetry devices". Journal of Applied Science and Engineering, 24(6), pp.853-860, 2021.

9. Singh, G. and Kaur, J., "Design of a compact superstrate-loaded slotted implantable antenna for ISM band applications". *Sādhanā*, 46(3), pp.1-10, 2021.
10. M. M. Ali, M. E. I. Bashar and M. K. Hosain, "Circular Planner Inverted-F Antenna for Implantable Biomedical Applications," 2017 2nd International Conference on Electrical & Electronic Engineering (ICEEE), pp. 1-4, 2017.
11. Nawale, P. A., & Zope, R. G. "Design and Improvement of Microstrip Patch Antenna Parameters Using Defected Ground Structure". *Diamond*, 13, 20-89, 2014.
12. R. Li, Y. Guo, B. Zhang and G. Du, "A Miniaturized Circularly Polarized Implantable Annular-Ring Antenna," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, pp. 2566-2569, 2017.
13. N. A. Islam and F. Arifin, "Performance Analysis of a miniaturized implantable PIFA antenna for WBAN at ISM band," 2016 3rd International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT), pp. 1-5, 2016.
14. F. Merli, B. Fuchs, J. R. Rosig, and A. K. Skrivervik, "The effect of insulating layers on the performance of implanted antennas," *IEEE Transaction on Antennas Propagation*, vol. 59, no. 1, pp. 21–31, 2011.
15. Islam, Saiful, and Mst Fateha Samad. "Design and Analysis of a Miniaturized UWB Antenna for Wireless Capsule Endoscopy." 2018 10th International Conference on Electrical and Computer Engineering (ICECE). IEEE, 2018.
16. Hossain, Sharafat, "A simple triple-band antenna for implantable biomedical application." 2017 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC). IEEE, 2017.
17. Kumar, Rajeev, Lakhvinder Singh Solanki, and Surinder Singh. "Miniature Archimedean Spiral PIFA Antennas for Biomedical Implantable Devices." 2019 6th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN). IEEE, 2019.
18. Miran, M. Mohiuddin, and Farhadur Arifin. "Design and Performance Analysis of a Miniaturized Implantable PIFA for Wireless Body Area Network Applications." 2019 International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST). IEEE, 2019.
19. Sultana, Sadia, et al. "Performance analysis of body implantable PIFA at different substrate material." 2017 4th International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE). IEEE, 2017.

20. M. K. Hosain, M. F. Samad, M. M. Mowla, M. Samad. "Multi-Layer Dipole Antenna for Implantable Biomedical Application." International Conference on Electrical, Computer and Telecommunication Engineering. ICECTE, 2012.
21. Parmar, Ajay M., et al. "Sonographic measurements of uterus and its correlation with different parameters in parous and nulliparous women." International Journal of Medical Science and Education 2016.
22. "Density >>IT'IS Foundation", Online Available: "<https://itis.swiss/virtual-population/tissue-properties/database/density/>". Accessed: 7-11-2020.
23. "Dielectric Properties of Body Tissues", Online Available: "<http://niremf.ifac.cnr.it/tissprop/htmlclie/htmlclie.php>". Accessed: 5-10-2020.
24. Andolf, E., Dahlander, K., & Aspenberg, "Ultrasonic thickness of the endometrium correlated to body weight in asymptomatic postmenopausal women". Obstetrics and gynecology, 82(6), 936–940 P. 1993.
25. "Person with cancer myometrial thickness, total millimetres N[N]", Online Available:
26. <https://meteor.aihw.gov.au/content/index.phtml/itemId/424269/meteorItemView/long>'. Accessed: 5-10-2020.
27. Wei, S., Gong, Z., An, L., Zhang, T., Dai, H., & Chen, "Cloprostenol and pregnant mare serum gonadotropin promote estrus synchronization, uterine development, and follicle-stimulating hormone receptor expression in mice". Genetics and molecular research : GMR, 14(2), 7184–7195. S. 2015.
28. "RF Safety FAQ |Federal Communications Commission" Online Available: <https://www.fcc.gov/engineering-technology/electromagnetic-compatibility-division/radio-frequency-safety/faq/rf-safety>. Accessed: 15-09-2020.

## **Textilome Abdominal Chez L'enfant: Les Trois Premières Observations au Sénégal**

***Camara Souleymane***

Service de Chirurgie Pédiatrique, CHU Aristide Le Dantec, Dakar, Sénégal

***Niane Aminah Oumoul Rassoul***

Service de Chirurgie Pédiatrique, CHU Albert Royer, Avenue Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal

***Yonga Daniel Tenfa***

Service de Chirurgie Pédiatrique, CHU Aristide Le Dantec, Dakar, Sénégal

***Zeng Florent Tshibwid A.***

Service de Chirurgie Pédiatrique, CHU Albert Royer, Avenue Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal

***Ndour Oumar***

Service de Chirurgie Pédiatrique, CHU Aristide Le Dantec, Dakar, Sénégal

***Ngom Gabriel***

Service de Chirurgie Pédiatrique, CHU Albert Royer, Avenue Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p225](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p225)

---

Submitted: 08 June 2020

Accepted: 22 September 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Camara S., Niane Aminah I.R., Yonga D.T., Zeng Florent T.A., Ndour O. & Ngom G. (2021). *Textilome Abdominal Chez L'enfant: Les Trois Premières Observations au Sénégal*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 225.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p225>

---

### **Résumé**

Les cas pédiatriques de textilomes sont rares. Ils sont caractérisés par le poly-morphisme clinique, les errances diagnostiques et le retard de prise en charge. L'objectif était de rapporter les trois premiers cas pédiatriques au Sénégal et d'identifier les facteurs de risque. La tomographie abdominale avait permis de poser le diagnostic dans les trois cas. La laparotomie exploratrice confirmait les textilomes. Les suites opératoires étaient simples.

---

**Mots clés:** Textilome Abdominal, Enfant, Chirurgie Abcès Appendiculaire



## **Abdominal Gossypiboma in Children: The First Three Observations in Senegal**

*Camara Souleymane*

Service de Chirurgie Pédiatrique, CHU Aristide Le Dantec, Dakar, Sénégal

*Niane Aminah Oumoul Rassoul*

Service de Chirurgie Pédiatrique, CHU Albert Royer, Avenue Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal

*Yonga Daniel Tenfa*

Service de Chirurgie Pédiatrique, CHU Aristide Le Dantec, Dakar, Sénégal

*Zeng Florent Tshibwid A.*

Service de Chirurgie Pédiatrique, CHU Albert Royer, Avenue Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal

*Ndour Oumar*

Service de Chirurgie Pédiatrique, CHU Aristide Le Dantec, Dakar, Sénégal

*Ngom Gabriel*

Service de Chirurgie Pédiatrique, CHU Albert Royer, Avenue Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal

---

### **Abstract**

Pediatric cases of gossypiboma are rare. They are characterized by clinical polymorphism, misdiagnosis and delayed management. The aim was to report the first three pediatric cases in Senegal and to identify their risk factors. Abdominal CT scan made the diagnosis in all three cases. Exploratory laparotomy confirmed textilomas. Postoperative follow-up was uneventful.

---

**Keywords:** Abdominal Textiloma, Child, Appendicular Abscess Surgery

### **Introduction**

Le textilome, est également appelé gossypiboma qui est un terme dérivé de gossypium signifiant coton en Latin et boma signifiant lieu de cachette en Swahili. Il est utilisé pour décrire un corps étranger composé de compresse(s) ou champ(s) chirurgicaux oubliés dans un foyer opératoire (Serghini, 2011). L'incidence des textilomes n'est pas connue mais elle est rapportée entre 1/1000 et 1/3000 interventions chirurgicales (Gawande, 2003). Quelques rares cas pédiatriques ont été rapportés (Berger, 2017; Liaqat, 2018; Waqas, 2019). Les manifestations cliniques et radiologiques sont variables, conduisant à des errances diagnostiques (Sarr, 2018). La tomographie assistée par ordinateur (TDM) est l'examen de référence (Alis, 2007).

### **Observation 1**

Un patient de 4 ans, sans antécédents pathologiques particuliers était reçu en décembre 2020 pour un abcès appendiculaire diagnostiqué à l'échographie abdominale. Une appendicectomie avait été réalisée. La chirurgie était marquée par une difficulté à retrouver l'appendice, motivant un réaménagement de l'équipe chirurgicale. Deux jours après la chirurgie, apparaissaient une fièvre, des vomissements bilieux, une sensibilité abdominale diffuse et une masse périombilicale. Le diagnostic d'une occlusion intestinale aiguë avait été retenu. Devant la persistance de l'occlusion, une TDM était réalisée et évoquait un textilome devant une masse abdominale hétérogène, hypodense contenant des bulles d'air (Figure 1a et 1b). La chirurgie réalisée au 13ème post opératoire, retrouvait une masse constituée d'un magma d'adhérences, avec une compresse enfouie en son sein (Figure 1c). Une extraction de la compresse était effectuée. Les suites opératoires étaient simples.

### **Observation 2**

Un patient de 10 ans, reçu en janvier 2021 pour des douleurs abdominales aiguës associées à des vomissements bilieux et un arrêt des matières et des gaz. Le patient avait subi, dans un centre de santé périphérique, en septembre 2020 une appendicectomie puis une chirurgie pour une occlusion intestinale. Le diagnostic d'une occlusion sur paquet d'ascaris était retenu. A l'admission, il présentait une sensibilité abdominale diffuse. La radiographie de l'abdomen sans préparation (ASP) était normale. Le diagnostic d'occlusion intestinale sur brides était évoqué à l'échographie. Devant la persistance du syndrome occlusif, une TDM abdominale était réalisée et montrait une anse distendue contenant des plages de bulles parsemées de zones hypodenses donnant un aspect en maille de filet. (Figure 2a). Un traitement médical était instauré avec une bonne amélioration clinique motivant sa sortie. Il était réadmis neuf jours après sa sortie dans un tableau d'occlusion intestinale aiguë. Une laparotomie réalisée objectivait une masse iléale intraluminaire à 70 cm du carrefour iléo-caecal. L'entérotomie mettait en évidence une compresse intraluminaire (Figure 2b et 2c). Les suites opératoires étaient simples.

### **Observation 3**

Un patient de 12 ans, reçu en mai 2021 pour un syndrome occlusif aigu évoluant depuis six jours avant son admission. En Novembre 2020, le patient avait subi une appendicectomie dans un centre de santé périphérique. A l'admission, il présentait uniquement une sensibilité en fosse iliaque droite. L'échographie réalisée avait permis d'évoquer une occlusion intestinale sur brides postopératoires. Devant l'absence d'amélioration des signes, une TDM

était réalisée et montrait une occlusion grêlique sur textilome avec une fèces sign (Figure 3a). La laparotomie objectivait de multiples adhérences avec deux perforations bouchées sur l'iléon et une masse intraluminal à 40 cm de l'angle iléo-cecal. Nous réalisons une résection intestinale sur 10 cm avec une extraction de trois compresses puis une anastomose termino-terminale (Figure 3b et 3c). Les suites opératoires étaient simples.

## Discussion

Le textilome abdominal reste une complication redoutée après une chirurgie abdominale car ses conséquences sont potentiellement graves (Diop, 2017).

Au le plan physiopathologique, les fibres de textile provoquent dès la 24ème heure une réaction inflammatoire avec une exsudation suivie par la formation d'un tissu de granulation vers le 8ème jour, enfin la fibrose s'organise à partir du 13ème jour. Cette évolution explique les possibilités d'enkystement avec une tolérance parfois longue (Erguibi, 2015). Le corps étranger peut migrer complètement dans la lumière intestinale. S'il ne peut pas passer la valve iléo-caecale, il provoque une occlusion intestinale comme dans les deux dernières observations. Les gossypibomes sont décrits dans toutes les chirurgies, avec une prédominance pour la chirurgie abdominale et pelvienne (Obeidat, 2020). Les implications juridiques et les risques d'entacher la réputation de l'équipe chirurgicale favorisent une sous-estimation de l'incidence réelle (Sarr, 2018). Les facteurs favorisant une perte de vigilance de l'équipe chirurgicale sont l'urgence, la durée de l'intervention, la complexité de l'acte opératoire, la profondeur du site opératoire, l'hémorragie massive peropératoire, l'instabilité hémodynamique du patient avec la fermeture précoce de la paroi, le changement de procédure, le changement d'équipe de bloc et enfin l'obésité du patient (Gawande, 2003 ; Kadam, 2015). Le changement de l'équipe chirurgicale est incriminé comme le facteur favorisant dans la première observation. Les chirurgies réalisées dans les structures sanitaires périphériques sont considérées comme des facteurs de risque de textilome dans les deux autres observations.

Les textilomes sont souvent découverts chez l'adulte avec un âge moyen de 40,4 ans et une prédominance féminine (Obeidat, 2020). Les cas pédiatriques restent rares (Berger, 2018). La clinique est pauvre avec des douleurs abdomino-pelviennes chroniques, de syndromes sub-occlusifs récurrents et d'amaigrissement inexplicable dans les suites opératoires (Erguibi, 2015 ; Serghini, 2011). Le tableau peut être aigu et précoce avec un syndrome infectieux, et une défense traduisant une suppuration (Diop, 2017). Les cliniciens doivent penser à un textilome, y compris intraluminal, lorsqu'un patient présente une occlusion intestinale ou une masse abdominale postopératoire (Obeidat, 2020).

Le diagnostic de textilome repose essentiellement sur l'imagerie médicale (Obeidat, 2020). La radiographie de l'abdomen sans préparation (ASP) est demandée en première intention dans les occlusions intestinales (Sarr, 2018). Elle peut mettre en évidence une structure radio-opaque intra-abdominale (Batra, 2021). L'échographie est fiable en montrant une image hyperéchogène centrale contenant des bulles d'air avec un cône d'ombre postérieur, très évocatrice dans le contexte postopératoire (Sarr, 2018). La tomodensitométrie est l'examen d'imagerie de référence. Elle permet un diagnostic topographique préopératoire (Batra, 2021). Et dans le même temps, est réalisée une exploration complète de la cavité abdominale à la recherche de complications (fistules, pneumopéritoine, abcès) (Serghini, 2011). Cependant l'imagerie scanographique du textilome est peu connue (Sarr, 2018). Il peut mimer un fécalome, un abcès, un hématome ou une tumeur (Obeidat, 2020). Batra (2021) propose l'IRM dans les cas de textilomes abdominaux. L'endoscopie digestive est également utilisée pour le diagnostic du textilome intraluminal (Obeidat, 2020 ; Lv, 2014). Malgré l'utilisation des moyens d'imagerie, les textilomes demeurent un challenge diagnostique et leur découverte est souvent per opératoire (Sarr, 2018). Les trois observations sont caractérisées par des errements diagnostiques. La chirurgie ouverte est le traitement de référence du textilome abdominal (Diop, 2017). La résection-anastomose, l'entérotomie et l'extraction du textilome sont les principaux gestes chirurgicaux rapportés (Sarr, 2018). L'ablation percutanée par la radiologie interventionnelle, endoscopique et laparoscopique sont rapportées (Lv, 2014). Leur morbidité et leur mortalité est respectivement de 21,3% et 18,9% (Le Néel, 1994). Un fibrohistocytome malin sur textilome est rapporté (Kaplan, & Iyikösker 2012). Les implications médico-légales sont graves (Gümüş, 2012). La prévention par le comptage des compresses, et des autres matériels chirurgicaux par l'ensemble de l'équipe du bloc opératoire en début et en fin d'intervention reste un moyen efficace mais encore insuffisant (Serghini, 2011). Au Sénégal, la check-list n'est pas systématiquement pratiquée en chirurgie programmée ni en urgence. Les politiques de santé doivent rendre obligatoire l'utilisation de la check-list et doter les blocs opératoires de compresses marquées.

## **Conclusion**

La survenue de textilome chez l'enfant est encore rare. Ses présentations cliniques variables entraînent des difficultés et des errances diagnostiques. La TDM et la chirurgie ouverte restent le gold standard respectivement pour le diagnostic et le traitement. La prévention reste la meilleure option.

## Conflit d'intérêt

Tous les auteurs déclarent qu'il n'y a pas de conflit d'intérêt.

## Contributions des auteurs

Ngom Gabriel et Ndour Oumar ont conçu l'étude et fourni des conseils intellectuels ; Camara Souleymane a fourni la conception de l'étude, analysé les données et rédigé l'article ; Niane Aminah Oumoul Rassoul, Yonga Daniel Tenfa, Zeng Florent Tshibwid A ont fourni des conseils intellectuels et révisé le manuscrit. Tous les auteurs ont lu et approuvé le manuscrit final.

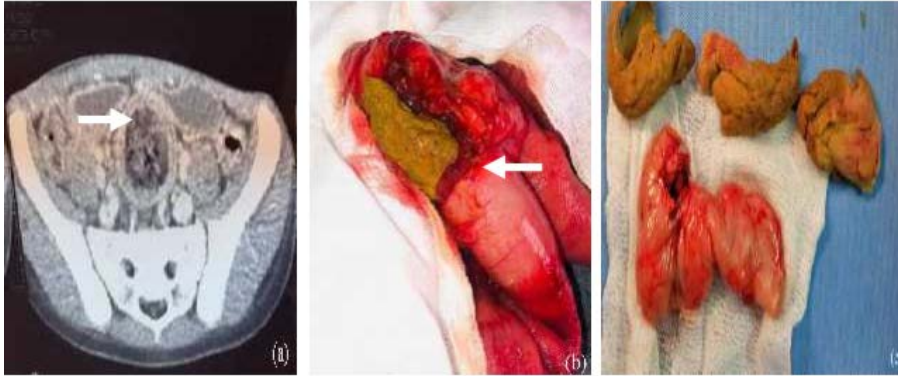
## Figures



**Figure 1.** Image TDM montrant une masse abdominale, hétérogène hypodense avec des bulles d'air en son sein (flèche blanche) sur les coupes axiale (a) et coronale (b). Aspect opératoire avec la compresse entourée d'un magma d'anses inflammatoires (c).  
**Figure 1.** CT image showing a heterogeneous hypodense abdominal mass with air bubbles within it (white arrow) on the axial (a) and coronal (b) slices.  
Intraoperative aspect with the compress surrounded by magma of inflammatory loops (c)



**Figure 2:** Image TDM montrant une anse distendue contenant une masse hétérogène parsemée de bulles d'air donnant un aspect en maille de filet avec une paroi hyperdense (a). Textilome moulé dans l'iléon (flèche blanche) (b). Pièce opératoire sous forme d'une compresse abdominale (c).  
**Figure 2:** CT image showing a distended loop containing a heterogeneous mass dotted with air bubbles giving a mesh-like appearance with hyperdense wall (a)  
Gossypiboma molded into the ileum (white arrow) (b). Specimen of a sponge removed from abdomen (c)



**Figure 3.** Image TDM montrant le textilome sous forme d'une masse avec des bulles d'air donnant un aspect en fèces sign avec une paroi hyperdense en temps portal (a).

Le textilome moulé dans l'iléon (flèche blanche) (b). Pièce opératoire avec extraction de trois compresses simples (c)

**Figure 3.** CT image showing the textiloma as a mass with air bubbles giving a sign feces appearance with a hyperdense portal wall (a).

Gossypiboma molded into the ileum (white arrow) (b). Operative part with extraction of three simple compresses (c)

### References:

1. Alis, H., Soylu, A., Dolay, K., Kalayci, M., & Ciltas, A. (2007). Surgical intervention may not always be required in gossypiboma with intraluminal migration. *World Journal of Gastroenterology: WJG*, 13(48), 6605.
2. Batra, R., Gautam, R., Manchanda, A., & Ghuliani, D. (2021). A case of two abdominal gossypibomas in a patient: A rare case report. *Journal of Gastrointestinal and Abdominal Radiology*, 2(2), 1-5.
3. Beger, B., Düz, E., & Akdeniz, H. (2018). A rare complication of abdominal surgery in a patient injured in war: Gossypiboma in a child refugee after war surgery. *Eastern Journal of Medicine*, 23(4), 319-321.
4. Diop, B., Niang, M. M., Ba, P. A., Sy, A., Wane, Y., Wilson, E., & Sarré, S. M. (2017). Textilome abdominal sous deux aspects anatomocliniques distincts. *Journal Africain d'Hépatogastroentérologie*, 11(1), 19-23.
5. Erguibi, D., Hassan, R., Ajbali, M., & Kadiri, B. (2015). Abdominal textiloma, about a case. *The Pan African Medical Journal*, 21, 244.
6. Gawande, A. A., Studdert, D. M., Orav, E. J., Troyen, J., Brennan, M., & Zinner, M. (2003). Risk factors for retained instruments and sponges after surgery. *Obstetrical & Gynecological Survey*, 58(4), 250-251.
7. Gümüş, M., Gümüş, H., Kapan, M., Onder, A., Tekbaş, G., & Baç, B. (2012). A serious medicolegal problem after surgery: gossypiboma. *The American journal of forensic medicine and pathology*, 33(1), 54-



57.

8. Kadam, A., Jain, S., & Salve, L. (2015). Gossypiboma: A Rare Case of Spontaneous Intraluminal Migration of Surgical Sponge. *Journal of Dental and Medical Sciences*, 14(1), 33-36.
9. Kaplan, M., & Iyikösker, H. I. (2012). A new complication of retained surgical gauze: Development of malignant fibrous histiocytoma-report of a case with a literature review. *World journal of surgical oncology*, 10(1), 1-5.
10. Le Néel, J. C., De Cussac, J. B., Dupas, B., Letessier, E., Borde, L., Eloufir, M., Armstrong, O. (1994). Textiloma. Apropos of 25 cases and review of the literature. *Chirurgie; memoires de l'Académie de chirurgie*, 120(5), 272-276.
11. Liaqat, N., Dar, S. H., Imran, R. M., Asif, A., Sandhu, A., & Waheed, K. (2017). Gossypiboma: An unusual cause of infected wound after inguinal herniotomy. *APSP Journal of Case Reports*, 8(4), 29.
12. Lv, Y. X., Yu, C. C., Tung, C. F., & Wu, C. C. (2014). Intractable duodenal ulcer caused by transmural migration of gossypiboma into the duodenum—a case report and literature review. *BMC Surgery*, 14(1), 1-7.
13. Obeidat, K. A., Aleshawi, A. J., Alebbini, M. M., & Yasin, S. N. B. (2020). Abdominal intraluminal gossypiboma: Demographics, predictors of intraluminal site, diagnostic and treatment measures. *Clinical and experimental gastroenterology*, 13, 65.
14. Sarr, I. S. S., Ndong, A., Thiam, O., Seck, M., Touré, A. O., Cissé, M., Ka, O., & Dieng, M. (2018). Migration intra-digestive de textilome abdominal sous de multiples aspects cliniques. *Journal Africain de Chirurgie Digestive*, 8(2), 2574-2578.
15. Serghini, I., El Fikri, A., Lalaoui, JS., Zoubir, M., Boui, M., & Boughanem, M. (2011). Abdominal textiloma: report of a case. *The Pan African Medical Journal*, 9, 10.
16. Waqas, A., Memoona, M., Iram, Z., Nasi, M. U., Iqbal, A. (2019). Vaginal Gossypiboma In A 3Year Old Female Child-A Case Report and Literature Review. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 17(4), 13010-13012.

## Intervención Contra la Caries Dental a Partir de Acciones de Protección Específica en un Grupo de Escolares de Seis a Once Años de la Alcaldía Iztapalapa de la Ciudad de México

*Adriano Anaya María del Pilar (PhD),*

*Caudillo Joya Tomás (PhD)*

FES-Zaragoza UNAM

*Caudillo Adriano Pilar Alejandra (MA)*

Práctica Privada

*Murrieta Pruneda José Francisco (PhD)*

FES-Zaragoza UNAM

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p233](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p233)

Submitted: 04 January 2021

Accepted: 08 October 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

N'Guessan A.H., Gogue D.O., Anougba B.D., Dembélé I. & Allou K. (2021). *Evaluation de Différents Types de Substrats sur Le Développement des Plantules de Palmiers À Huile (Elaeis Guineensis Jacq.) en Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 233.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p233>

### Resumen

**Objetivo:** Implementar un proyecto de intervención contra la caries dental a partir de acciones de protección específica de la salud bucal con el propósito de reducir la incidencia de caries dental en una población escolar de seis a once años, de la Alcaldía Iztapalapa.

**Material y Métodos:** Estudio longitudinal descriptivo y de comparación, conformado por un *grupo control*, con una *muestra* de 908 escolares de primer año de primaria que representó el 70% del total de niños de este grado escolar que entregaron su consentimiento firmado previa información a los padres de familia, realizado en 10 escuelas primarias de la Alcaldía Iztapalapa, que se encuentra ubicada en el oriente de la Ciudad de México. Y el *grupo testigo* conformado por los escolares (3440) que participaron en el diagnóstico base o inicial.

**Resultados:** Tomando como base los resultados del diagnóstico bucal realizado en 3440 escolares, se llevó a cabo una intervención en el *grupo control*, con la aplicación de un programa de protección específica a partir de acciones de profilaxis, selladores de fosetas y fisuras y técnica de cepillado,



así mismo, un seguimiento epidemiológico que inició cuando los escolares se encontraban en primer año y concluyó cuando estos terminaron el cuarto año de primaria, el estudio lo concluyeron 815 escolares. A los escolares que participaron en el *grupo testigo* no se les realizó ninguna acción odontológica, sus resultados sirvieron sólo de comparación con el propósito de identificar la incidencia de caries dental de los escolares del *grupo control* una vez concluida la intervención. La información se capturó en el Programa de Cómputo SPSS versión 23.0 en el que se obtuvieron: Estadísticas descriptivas: promedios y DS de caries dental, t de Student, y X<sup>2</sup> de Pearson.

**Conclusiones:** La reducción de la caries dental en el grupo control fue del 70.2%.

---

**Palabras clave:** Caries Dental, Protección Específica, Incidencia, Escolares

## **Intervention Against Dental Caries Based on Specific Protection Actions in a Group of Schoolchildren Aged Six to Eleven from the Iztapalapa Mayor's Office of Mexico City**

*Adriano Anaya María del Pilar (PhD),*

*Caudillo Joya Tomás (PhD)*

FES-Zaragoza UNAM

*Caudillo Adriano Pilar Alejandra (MA)*

Práctica Privada

*Murrieta Pruneda José Francisco (PhD)*

FES-Zaragoza UNAM

---

### **Abstract**

**Objective:** To implement an intervention project against dental caries based on specific protection actions for oral health in order to reduce the incidence of dental caries in a school population, aged six to eleven years old, of the Iztapalapa Mayor's Office.

**Material and Methods:** Longitudinal descriptive and comparison study, made up of a control group, was used in the study. It was carried out on a sample of 908 schoolchildren in the first year of primary school, which represents 70% of the total number of children of this school grade who gave their signed consent through their parents, The study, however, was carried out in 10 elementary schools of the Iztapalapa Mayor's Office, which is located in the east of Mexico City. The control group is made up of schoolchildren (3440) who participated in the baseline or initial diagnosis.

**Results:** Based on the results of the oral diagnosis carried out in 3440 schoolchildren, an intervention was carried out in the control group with the

application of a specific protection program based on prophylactic actions, pit and fissure sealants, and technique of brushing. Likewise, based on an epidemiological follow-up that began when the schoolchildren were in the first year and ended when they finished the fourth year of primary school, the study was completed by 815 schoolchildren. The schoolchildren who participated in the control group did not undergo any dental action, and their results served only as a comparison with the purpose of identifying the incidence of dental caries in the schoolchildren in the control group once the intervention has been concluded. The information was captured using the SPSS Computer Program version 23.0 in which the following were obtained: descriptive statistics such as the means and SD of dental caries, Student's t test, and Pearson's correlation X<sup>2</sup>.

**Conclusions:** The reduction of dental caries in the control group was 70.2%.

---

**Keywords:** Dental Caries, Specific Protection, Incidence, School

## Introducción

La colocación de selladores de fosetas y fisuras es un procedimiento seguro, efectivo y económico en la prevención de caries (*Villarreal Rojas et al., 2015*).

Existen estudios que indican que incluso cuando éstos parecen que se han desprendido totalmente quedan restos de ionómero en el interior de las fisuras lo que actúa aún como una reserva de flúor y de tal forma previene la caries dental (*Haznedaroğlu et al., 2016*).

Es importante señalar que los sellantes de fosas y fisuras no son sólo para los niños, sino para pacientes de cualquier edad (jóvenes y adultos) así como para personas que sufren pérdida de habilidades motoras debido a la artritis o cualquier otra enfermedad, lo cual significa que tienen que tener un cepillado más prolongado y difícil y en estos casos los sellantes pueden ayudar a proteger los dientes que no están limpiándose constantemente porque el paciente no es capaz de hacer un trabajo minucioso, para poder mantener una boca saludable (*Microleakage of New Light-Cure Sealants, 1995; ADA News Releases, 1997*).

Los sellantes tienen 3 efectos preventivos fundamentales (*Barrancos, 1999*):

- 1) obturan mecánicamente las fosas y fisuras con una resina resistente a los ácidos;
- 2) al obturar las fosas y fisuras suprimen el hábitat de los streptococcus mutans y otros microorganismos;
- 3) facilita la limpieza de las fosas y fisuras mediante métodos físicos como el cepillado dental y la masticación.

Los selladores oclusales, fueron introducidos en 1965 y consisten en aplicar un material en las fosas y fisuras dentales produciendo una barrera mecánica que impide la colonización de bacterias y el paso de los nutrientes necesarios para su reproducción (*Pérez, Yamamoto, & Morales, 2002*).

En un estudio con aplicación de selladores en *Argentina (Navarro, Ojeda, Herrera & González, 2004)* en 160 escolares los autores manejan una protección del 95% al 100% contra la caries dental.

En la Provincia de ciudad real en *España (Navarro Montes et al., 2004)*. se evaluó la aplicación de selladores en un programa público de salud bucodental en población infantil obteniendo un éxito del 88.4% en la zona urbana.

En *Ortiz, B., Sánchez, B. y Delgado, E. (2006)*, después de 18 meses de iniciado un estudio con selladores en población escolar se encontró una menor prevalencia de caries dental en la evaluación inicial en comparación con la evaluación 18 meses después (84,8% versus 86,6% respectivamente), la diferencia entre ambas evaluaciones no resultó estadísticamente significativa ( $p= 0,687$ ). De acuerdo con estos resultados, sólo 2 niños (1,8%) desarrollaron caries dental durante el tiempo de intervención evaluado.

En México (*Adriano & Caudillo, 2012*), específicamente en la Alcaldía Milpa Alta se aplicó del 2006 al 2012 un proyecto similar logrando una reducción de la caries dental del 79% en la población escolar demostrando las bondades que tiene la protección específica para el control de la caries dental.

Los selladores de foseas y fisuras han demostrado su eficacia en el control de la caries dental, de ahí la importancia de este estudio que tuvo el objetivo de reducir la incidencia de caries dental en una población escolar.

## **Material y Métodos**

Este Proyecto forma parte de *la Línea de Investigación Salud Pública en Estomatología con número de registro LI-FESZ-341110 de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM*, y fue evaluado en su metodología y aspectos éticos por el *Comité Académico de la Carrera de Cirujano Dentista* de ésta Facultad.

El estudio fue longitudinal, de intervención y comparativo, con una duración de cuatro años. Se desarrolló en 10 escuelas primarias en la Alcaldía Iztapalapa, al oriente de la Ciudad de México se ubican en zonas con alto y muy alto nivel de marginación, tomando en cuenta los indicadores del INEGI (Consejo de evaluación del desarrollo social del Distrito Federal. (2011). lo que trae como consecuencia su descuido bucal teniendo esta población otras prioridades como son la alimentación, el transporte, la vivienda entre otros.

Este estudio lo conformaron dos grupos: el *grupo control* conformado por una *muestra* de 915 escolares que iniciaron el primer año de primaria y

que entregaron su consentimiento firmado por el padre de familia o tutor y concluyó cuando estos escolares terminaron el cuarto año.

El *grupo testigo* integrado por 3440 alumnos de las escuelas primarias participantes, como parte del diagnóstico base o inicial y no se les realizó ninguna acción odontológica sus resultados sirvieron de comparación del *grupo control* al finalizar la intervención.

La exploración bucal la realizaron cinco pasantes de la carrera de Cirujano Dentista y dos profesores responsables del estudio entrenados y calibrados en el conocimiento y aplicación de los códigos y criterios del indicador CPOD Con el propósito de que la concordancia no se atribuyera al azar, se aplicó el coeficiente de KAPPA, intra e interexaminadores que permite medir las variaciones de las observaciones hechas por los revisores ( $K=0.85$ ; IC 95 %).

Se inicia la intervención en el *grupo control*, implementando un Programa de Protección Específica (*Caudillo, Adriano & Caudillo, 2020*). Vista como el conjunto de acciones odontológicas que se aplican a la población con el propósito de protegerla contra los problemas bucales. Su Objetivo en este proyecto es la reducción en la incidencia de caries dental de los escolares participantes.

Profilaxis. Se realizó cada seis meses a los escolares que participaron en el grupo control.

Aplicación de selladores de fosetas y fisuras en dentición permanente, se sellaban a todos los premolares y molares sanos conforme iban erupcionando, aquellos selladores que se desplazaban total o parcialmente de los dientes se volvían a colocar.

Técnica de cepillado a nivel individual. Se enseñó a cepillarse a todos los escolares del grupo control. Así mismo a los sus padres o tutores con la técnica de Stillman modificada, que acudían cuando se les citaba. A estos escolares se les regaló cepillos dentales para él y su familia cada seis meses.

*El seguimiento epidemiológico* durante los cuatro años fue realizado con el indicador epidemiológico CPOD, la información se concentró en formatos donde se registró nombre de la escuela, grupo, el nombre, edad y sexo del escolar y la situación de cada uno de los dientes revisados colocando los siguientes códigos: 1. Cariado, 2. Perdido, 3. Obturado, 4. Sellado, 5. Sano, 6. No erupcionado. Al finalizar el estudio se obtuvo el CPOS con el propósito de identificar las superficies dentales que presentaron más caries dental, utilizando los códigos y criterios recomendados por la OMS (*Encuestas de salud bucodental & Métodos básicos, 1999*).

Se capacitó a los maestros de las escuelas primarias participantes sobre la técnica de cepillado de Stillman modificada, con el propósito de supervisar a los escolares en el cepillado de sus dientes después de ingerir su refrigerio y

con ello garantizar que por lo menos una vez al día realizaban esta actividad de manera adecuada.

### Diseño Estadístico del estudio

La información se capturó en el Programa de Cómputo SPSS versión 23.0 en el que se obtuvieron: Estadísticas descriptivas: promedios y DS de caries dental, t de Student, y X<sup>2</sup> de Pearson. Se consideraron los resultados estadísticamente significativos cuando el valor p sea menor a 0.05.

Finalmente se llevó a cabo la discusión y las conclusiones del proyecto de intervención

### Conflicto de intereses

No existe conflicto de intereses.

### Resultados

Tanto los escolares del grupo control como del testigo, pertenecieron a las mismas primarias,

La Alcaldía Iztapalapa otorgó el permiso para realizar el estudio en diez, escuelas primarias públicas, distribuidas en tres regiones educativas, los resultados del Diagnóstico base (grupo testigo), realizado previo del inicio del proyecto de intervención, indica que los promedios generales de caries dental por cada una de las primarias van de 3.0 a 3.3 dientes permanentes con historia de la enfermedad. Se puede observar como los promedios de caries dental van aumentando conforme a la edad (Tabla 1).

Primaria	Edad de los escolares									Regiones educativas
	No.	6	7	8	9	10	11	12	CPOD	
1.- José Palomares	470	0.8	1.7	2.4	3.0	3.7	4.5	5.4	3.1±2.1	Centro
2.- Antonio Castro Leal	192	1.0	2.1	2.6	3.5	4.3	5.2	NO	3.1±1.8	Juárez
3.- Ignacio Chávez	408	1.2	1.7	2.4	3	3.7	4.4	5	3.1±2.0	Juárez
4.- Julio Cortázar	354	0.9	2	2.4	3.5	4.3	4.8	5.0	3.1±2.1	Juárez
5.- Miguel de Cervantes	364	1.2	1.6	2.9	3.6	3.9	4.5	4.7	3.2±2.0	Centro
6.- Emperador Izcoatl	511	0.8	1.2	2.3	3.2	4.1	4.3	5.0	3.0±2.6	Juárez
7.- Mitla	332	0.9	1.7	2.7	3.2	3.7	4.3	5.0	3.1±2.0	San Lorenzo
8.- Juan de Mata	197	1.1	1.9	2.8	3	3.5	4.1	5.1	3.1±2.3	San Lorenzo
9.- Miguel Sánchez	205	1.1	1.4	2.3	3.2	3.9	4.4	5.0	3.0±2.0	San Lorenzo

10.- Fray Bartolomé	407	0.6	1.5	2.6	3.2	4	5	6.3	3.3±2.4	San Lorenzo
Total	3440	1.0	1.7	2.6	3.2	3.7	4.4	5.0	3.0±2.2	
ANOVA=0.000										

### Primer año de la intervención (grupo control)

El estudio se inicia con 908 escolares de primer año de primaria que entregaron su consentimiento informado previa información a los padres de familia de los objetivos del mismo. Después de haber realizado las acciones odontológicas a los escolares, al finalizar el ciclo escolar, los promedios de caries dental por cada una de las primarias van de 0.1 a 0.5 dientes con historia de la enfermedad. Al asociar los promedios de caries dental por cada una de las escuelas se encontró significancia estadística ( $p=0.00$ ). El promedio general fue de 0.3 dientes cariados (Tabla 2).

**Tabla 2.** Promedios de caries dental al finalizar el primer año del estudio por primaria y número de escolares participantes en el grupo control

Escuela	No.	%	CPOD
1.- José Palomares	117	12.9	0.5±1.0
2.- Ignacio Chávez Matutino	75	8.3	0.2±0.4
3.- Fray Bartolomé	78	8.6	0.2±0.5
4.- Castro Leal Matutino	76	8.4	0.2±0.4
5.- Julio Cortázar Matutino	91	10.0	0.1±0.3
6.- Mitla Matutino	73	8.0	0.1±0.3
7.- Miguel de Cervantes	127	14.0	0.5±0.9
8.- Juan de Mata	52	5.7	0.2±0.6
9.- Emperador Azteca	97	10.7	0.5±1.0
10.- Miguel Sánchez	122	13.4	0.2±0.6
Total	908	100	0.3±0.7

Del total de escolares (908), del grupo control, el 85.2% correspondió a la edad de seis años, encontrando sólo el 3.7% de la muestra a los ocho (Tabla 3).

**Tabla 3.** Distribución de los escolares participantes del grupo control por edad

Edad	No.	%	CPOD
6	774	85.2	0.2
7	100	11.0	0.4
8	34	3.7	0.5
Total	908	100	0.3

Con respecto al sexo del grupo control el 52% corresponde al femenino y el 48% al masculino. Los promedios de caries dental fueron similares en ambos (Tabla 4).

**Tabla 4.** Promedios de caries dental de los escolares del grupo control por sexo

Sexo	No.	%	CPOD
Masculino	438	48.0	0.3
Femenino	470	52.0	0.3
Total	908	100	0.3

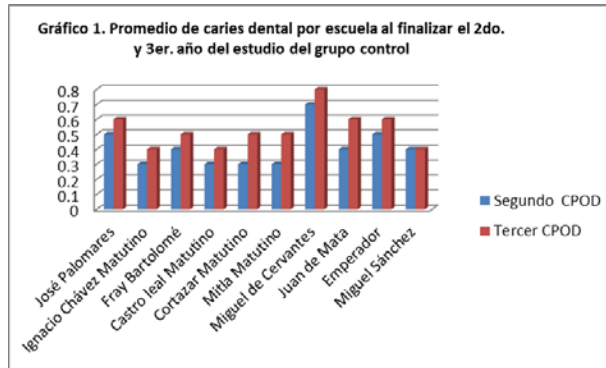
En el primer año del estudio, a la revisión encontramos que de los primeros molares permanentes, el superior derecho fue el menos erupcionado (50.6%), los más cariados fueron los inferiores izquierdos (9.7%) y derecho (9.8%), en el primer año de estudio no se encontraron dientes obturados (cuadro 4).

Se sellaron sanos 1561 molares y se encontraban cariados al momento de la revisión 263 (Tabla 5).

**Tabla 5.** Situación de los dientes permanentes de los escolares en el primer año de la intervención

Dientes	Sanos		Sellados sanos		No erupcionados		Cariados		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
16	-	-	409	45.0	459	50.6	40	4.4	908	100
12	116	12.8	-	-	792	87.2	-	-	908	100
11	297	32.7	-	-	611	67.3	-	-	908	100
21	301	33.1	-	-	607	66.9	-	-	908	100
22	141	15.5	-	-	767	84.5	-	-	908	100
26	-	-	405	44.6	457	50.3	46	5.1	908	100
36	-	-	369	40.6	451	49.7	88	9.7	908	100
32	234	30.0	-	-	552	70.0	-	-	908	100
31	503	44.6	-	-	405	44.6	-	-	908	100
41	504	55.5	-	-	404	44.5	-	-	908	100
42	240	31.0	-	-	546	69.0	-	-	908	100
46	-	-	378	41.6	441	48.6	89	9.8	908	100
	2336		1561		6492		263			

Al finalizar el segundo y tercer año de la intervención los promedios de caries dental de los escolares del grupo control (Tabla 6) fue de 0.4 y 0.6 dientes con historia de la enfermedad respectivamente (Gráfico 1).

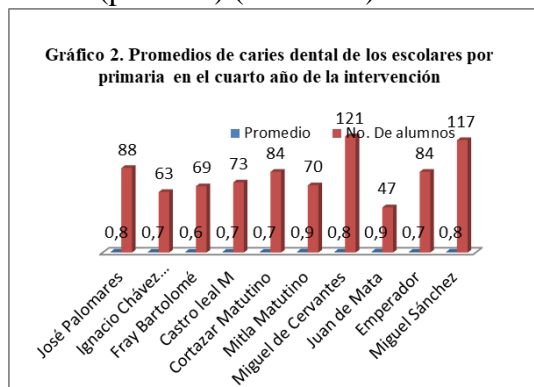


A la revisión de los escolares del grupo control, con respecto a los primeros molares sanos se sellaron 2173 aproximadamente un 60% de ellos. En este segundo año de la intervención se dieron de baja 26 escolares por cambio de domicilio.

Al finalizar el tercer año de la intervención, de los 908 estudiantes que iniciaron la intervención se habían dado de baja 54 más de ellos, quedando el grupo control con 854 estudiantes, El 71% de los molares permanentes se encontraron sellados (2585), y el 6.2% de los primeros premolares (226).

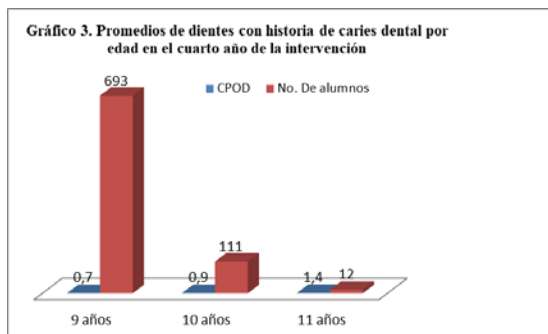
#### Cuarto año de la intervención

Al finalizar el cuarto año del estudio, el promedio general fue de 0.8 dientes con historia de caries dental por cada escolar. El promedio más elevado lo encontramos en la escuela Mitla turno matutino y Juan de Mata. No se encontró diferencias estadísticas entre la caries dental y su distribución por cada una de las escuelas ( $p=0.302$ ) (Gráfico 2).



Al finalizar el cuarto año de la intervención los promedios de caries dental con respecto a la edad van de 0.7 a los nueve años a 0.9 dientes con historia de esta enfermedad a los diez y once años, no encontrando diferencias estadísticas entre ambas variables ( $p=0.074$ ) (Gráfico 3).





Al finalizar el cuarto año de la intervención 92, escolares del grupo control se dieron de baja del estudio por cambio de la primaria.

El primer molar permanente más cariado fue inferior izquierdo (36). El menos el superior derecho (16), sólo se encontró un diente cariado en los anteriores, el central inferior izquierdo (Tabla 6).

**Tabla 6.** Situación de los dientes permanentes de los escolares en el cuarto año de la intervención

Dientes	Sanos		Sellados sanos		No erupcionados		Cariados		Obturados	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
17	-	-	15	1.8	800	98.2	-	-	-	-
16	-	-	735	90.2	3	0.4	66	8.1	11	1.3
15	-	-	492	60.4	323	39.6	-	-	-	-
14	-	-	519	63.7	296	36.3	-	-	-	-
13	9	1.1	-	-	806	98.9	-	-	-	-
12	815	100	-	-	-	-	-	-	-	-
11	813	99,8	-	-	2	0,2	-	-	-	-
21	810	99.4	-	-	5	0.6	-	-	-	-
22	812	99.6	-	-	3	0.4	-	-	-	-
23	12	1.5	-	-	803	98.5	-	-	-	-
24	-	-	337	41.3	478	58.7	-	-	-	-
25	-	-	150	18.4	665	81.6	-	-	-	-
26	-	-	701	86.0	18	2.2	77	9.4	19	2.3
27	-	-	34	3.7	781	86.0	-	-	-	-
37	-	-	37	4.5	778	95.5	-	-	-	-
36	-	-	613	75.2	11	1.3	129	15.8	62	7.6
35	-	-	129	15.8	686	84.2	-	-	-	-
34	-	-	320	39.3	495	60.7	-	-	-	-
33	15	1.8	-	-	800	98.2	-	-	-	-
32	812	99.6	-	-	3	0.4	-	-	-	-
31	814	99.9	-	-	-	-	1	0.1	-	-
41	815	100	-	-	-	-	-	-	-	-
42	815	100	-	-	-	-	-	-	-	-
43	13	1.6	-	-	802	98.4	-	-	-	-
44	-	-	345	42.3	470	57.7	-	-	-	-

45			167	20.5	648	79.5	-	-	-	-
46	-	-	623	76.4	7	0.9	121	14.8	64	7.9
47	-	-	11	1.3	804	98.7	-	-	-	-
Total	6555		5228		10487		394		156	

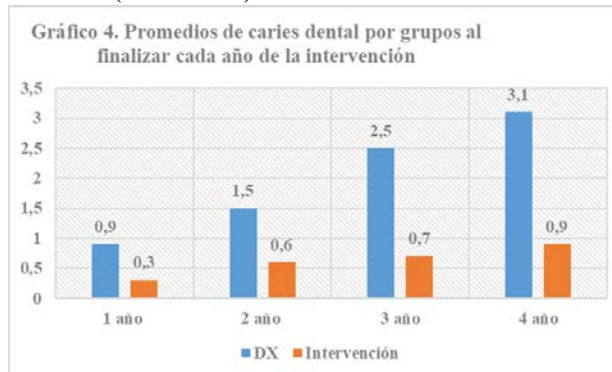
Terminaron el cuarto año de la intervención, libres de caries dental 501 escolares y 315 con historia de caries dental.

Al finalizar el cuarto año de la intervención el 48% de los escolares fueron del sexo masculino con un promedio de 0.8 dientes cariados y el 52% del sexo femenino con 0.7 dientes cariados no se encontró diferencias entre ambos ( $p=0.837$ ).

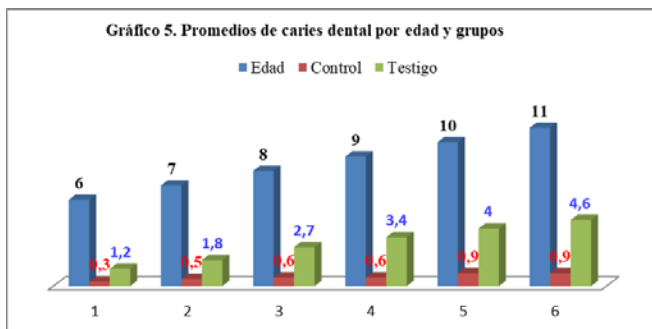
Al asociar los promedios de caries dental del grupo control y testigo encontramos que al finalizar el primer año de la intervención la incidencia de caries dental es de medio diente más en los escolares del grupo testigo con relación al grupo intervención (control).

En el segundo año la incidencia es de un diente cariado más en el grupo testigo con relación al control.

En el tercer año es de 1.6 y en el cuarto año la incidencia es de dos dientes cariados más en el grupo testigo o diagnóstico base que en el grupo intervención o control (Gráfico 4).



Con respecto a la edad de los escolares en los dos grupos, a los seis y siete años la incidencia de caries dental es de un diente cariado más en el grupo testigo o diagnóstico base. A los ocho años es de dos dientes cariados, a los nueve aumentó a casi 2.5, a los diez años de tres dientes y a los once años de 3.7 dientes cariados más en el grupo testigo o del diagnóstico base que en el intervención o grupo control (Gráfico 5).



En el cuarto año de la intervención encontramos 12361 dientes erupcionados, lo que nos hace tener 61801 superficies dentales de las cuales el 0.6% se encontraron con caries dental y solamente el 0.2% obturadas.

El promedio de superficies con historia de caries dental por escolar fue de 0.6 superficies dañadas. Esto quiere decir que de cada dos niños vamos a encontrar 1.2 superficies dentales afectadas (Tabla 7).

**Tabla 7. Total de superficies cariadas**

Con 1 superficie cariada		Con 2 superficies cariadas		Con 3 superficies cariadas		Con 5 superficies cariadas	
CO	231	COV	65	COMV	24	COMDLV	6
CP	1	COM	8	COMD	52		
CV	5			COMP	3		
				CODV	2		
Total	237	Total	73	Total	81	Total	6

Total 397 superficies cariadas

Se encontraron también en la cuarta revisión 154 superficies obturadas, 82 de éstas corresponden a la oclusal, 30 a la ocluso mesial y 21 a la ocluso mesio distal (Tabla 8).

**Tabla 8. Total de superficies obturadas**

Con 1 superficie obturada		Con 2 superficies obturadas		Con 3 superficies obturadas		Con 4 superficies obturadas		Con 5 superficies obturadas	
OO	82	OOM	30	OOMD	21	OOMDV	1	OOMDVP	3
OV	4	OOP	5					OOMDVL	3
		OOV	4						
		OOL	1						
Total	86	Total	40	Total	21	Total	1	Total	6

Total 154 superficies obturadas

## Discusión

Con el objetivo de reducir la incidencia de caries dental en la población escolar de seis a once años de diez escuelas primarias públicas en la Alcaldía Iztapalapa en un 50%, se implementó un proyecto de intervención, en el grupo

control a partir de un programa de protección específica, en 908 escolares cuyos padres de familia dieron su consentimiento firmado.

El total de escolares que concluyeron el cuarto año de la intervención fueron 815.

El grupo testigo estuvo conformado por 3440 escolares a los que no se les realizó ninguna acción odontológica y correspondieron al diagnóstico inicial o base.

Las acciones bucales realizadas a los escolares del grupo control, no tuvieron ningún costo para los padres de familia y son consideradas de alta cobertura y de bajo costo, y nos permiten controlar la incidencia de los principales problemas bucales como son la caries dental y las periodontopatías, que son la primera causa de dolor y abatir la visita al dentista por urgencia.

El promedio de caries dental en el cuarto año de la intervención del grupo control fue 0.8 dientes con historia de esta enfermedad, mientras que en el grupo testigo fue de 3.1 dientes afectados encontrando 2.3 dientes con más caries en este.

El 61.3% (500), de los escolares del grupo control terminaron sanos el cuarto año de la intervención. Mientras que 38.7% (315) de los escolares presentaron caries dental.

La reducción de la caries dental en los cuatro años de duración del estudio fue del 70.2 % por debajo de otros estudios como los realizados en Argentina, (95%), España, (88.4%), Perú (84-88%) y México (79%), que puede ser resultados que este estudio se llevó a cabo dentro de las escuelas primarias y nos teníamos que adaptar a los contextos de cada una de ellas..

## **Conclusiones**

Las acciones de protección específica demostraron ser eficaces en la disminución de la incidencia de caries dental en la población escolar de esta alcaldía.

La disminución de la incidencia de caries dental en los escolares del grupo control fue de 70.2%, con un promedio de caries dental de 0.8 dientes con historia de la enfermedad.

## **References:**

1. ADA News Releases (2020). Disponible en: <http://www.ada.org/publiv/media/newsrel/archive.html#1997>. (Consultado 8 de Septiembre).
2. Adriano, P. & Caudillo, T. (2012). Reducción de la caries dental en un 79% en escolares de la delegación Milpa Alta. Ciudad de México. Rev. Odontología Actual; 10(122): 4-13.

3. Barrancos, J. (1999). *Operatoria Dental*. 3era. ed. Ed. Médica Panamericana; pp. 454-470.
4. Caudillo, T., Adriano, MP. & Caudillo, PA. (2020). *Modelo Estomatológico de Práctica Profesional Integral*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM México.
5. Consejo de evaluación del desarrollo social del Distrito Federal (2011). *Índice de desarrollo social de las unidades territoriales del Distrito Federal, delegación, colonia y manzana*. México DF. Disponible: [http://www.evalua.df.gob.mx/files/indice/ind\\_inf.pdf](http://www.evalua.df.gob.mx/files/indice/ind_inf.pdf). (Consultado 15 de septiembre 2020).
6. Encuestas de salud bucodental & Métodos básicos (1999). Organización Mundial de la Salud. 13-15.
7. Haznedaroğlu, E., Güner, Ş., Duman, C., Menteş, & Ali, A. (2016). 48-month randomized controlled trial of caries prevention effect of a one-time application of glass ionomer sealant versus 63 resin sealant. *NCBI*. 35(3): 532–538. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27086573> (Consultado 24 de marzo 2021).
8. *Microleakage of New Light-Cure Sealants* (1995). A supplement of *Practical periodontics and Aesthetic Dentistry*. Supplement N° 1.
9. Navarro, MI., Ojeda, L., Herrera, MA., & González, SA. (2004). Evaluación de la aplicación de selladores en el marco asistencial de un programa público de salud bucodental. *Odontoestomatol*; 20(1): 33-40.
10. Organización Mundial de la Salud (2020). *Determinantes sociales de la salud*. Disponible en: [https://www.who.int/social\\_determinants/es/](https://www.who.int/social_determinants/es/). (Consultado 15 de septiembre septiembre).
11. Ortiz, B., Sánchez, B. & Delgado, E. (2006). Efectividad de una intervención comunitaria en salud oral: Resultados después de 18 meses. *Rev. Med. Heredia, Lima*. 17 (3), pp.170-176.
12. Pérez, I., Yamamoto, NA. & Morales, C. (2002). Estudio comparativo de micro filtración de una resina fluida utilizada como sellador de fosetas y fisuras contra un sellador con relleno utilizando una técnica combinada de grabado ácido con micro abrasión. Disponible: <http://www.pve.unam.mx/alerta/pdf/comparativo.pdf>. (Consultado 8 de septiembre 2020).
13. Villarreal, RA., Guerrero, IJ., Yamamoto, NA. & Barceló, SF. (2015). Profundidad de curado de selladores de fosetas y fisuras utilizando luz emitida por diodos (LED) a diferentes distancias. *Revista odontológica mexicana*, 19(2), 76-80.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Efecto d Baño Químico Con Ácido Cítrico y Ascórbico, Temperatura y Tiempo de Almacenamiento Sobre el Pardeamiento Enzimático en *Persea Americana* Mínimamente Procesada**

*Lurys Ivette Martínez Marín, (MEd)*

Departamento de Salud Pública, Universidad Especializada de las Américas,  
Panamá

*Angie Macías, (Licda)*

Departamento de Salud Pública, Universidad Especializada de las Américas,  
Panamá

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p247](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p247)

Submitted: 14 September 2021

Accepted: 30 September 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

N'Guessan A.H., Gogue D.O., Anougba B.D., Dembélé I. & Allou K. (2021). *Evaluation de Différents Types de Substrats sur Le Développement des Plantules de Palmiers À Huile (Elaeis Guineensis Jacq.) en Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 247.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p247>

### **Résumé**

Se evaluó el efecto de los ácidos orgánicos sobre el pardeamiento enzimático de la *Persea americana* variedad Hass, mínimamente procesada, empacada al vacío y almacenada a distintas temperaturas. Las muestras de aguacate se trataron con un baño químico de ácidos orgánicos (ácido cítrico y ácido ascórbico) con tres concentraciones diferentes, luego se empacaron al vacío y fueron almacenadas a 4° y 8° C durante 12 días. Muestras sin tratamiento se emplearon como control y todas las muestras se evaluaron cada 0, 4, 8 y 12 días. Se concluye que a 8°C el color y el sabor del aguacate mejora. Durante cada observación no hubo pérdida significativa de masa. Estos resultados, aunque incipientes, son útiles porque pueden contribuir con la seguridad alimentaria, además de determinar nuevas formas de preservar *Persea americana* y poder comercializarla como un producto de cuarta gama.

**Palabras clave:** Ácidos Orgánicos, Alimentos Mínimamente Procesados, Baño Químico, Pardeamiento Enzimático

## **Effects of Citric Acid and Ascorbic Acid, Temperature and Storage Time as Inhibitors of Browning in Minimally Processed *Persea Americana***

*Lurys Ivette Martínez Marín, (MEd)*

Departamento de Salud Pública, Universidad Especializada de las Américas,  
Panamá

*Angie Macías, (Licda)*

Departamento de Salud Pública, Universidad Especializada de las Américas,  
Panamá

---

### **Abstract**

The effect of organic acids on the enzymatic browning of *Persea americana* variety Hass, minimally processed, vacuum packed and stored at different temperatures, was evaluated. The avocado samples were treated with a chemical bath of organic acids (citric acid and ascorbic acid) with three different concentrations, then they were vacuum packed and stored at 4 ° and 8 ° C for 12 days. Untreated samples were used as control and all samples were evaluated at 0, 4, 8 and 12 days. It is concluded that at 8 ° C the color and flavor of the avocado improves; the chemical bath that obtained the best results was chemical bath 3 with respect to color and the samples are best preserved on day 8. During each observation there was no significant loss of mass. These results, although incipient, are useful because they can contribute to food safety, in addition to determining new ways of preserving *Persea americana* and being able to market it as a fourth-range product.

---

**Keywords:** Organic Acids, Minimally Processed Foods, Chemical Bath, Browning

### **Introducción**

El aguacate es un árbol de hoja perenne subtropical nativo de Mesoamérica que pertenece a la Lauraceae, una familia del orden Laurales que, junto con las órdenes Canellales, Piperales y Magnoliales, es incluido en el clado Magnoliid de angiospermas tempranas divergentes. Esta familia pantropical tiene alrededor de 50 géneros y de 2500 a 3000 especies (Talavera, *et al.*, 2019).

Esta especie tiene un genoma diploide con un tamaño aproximado de ~ 920 Mbp y produce un fruto climatérico, carnoso y aceitoso. La floración y el cuajado son procesos que duran entre uno y tres meses, generando diferencias en las edades fisiológicas de la fruta dentro de un mismo árbol (Vergara-Pulgar *et al.*, 2019). De acuerdo con Cortés-Herrera *et al.*, (2019), el

aguacate representa una industria de mil millones de dólares y sigue aumentando con el paso del tiempo, de ahí que tanto los países exportadores como los importadores se encuentren especialmente interesados en su producción y consumo debido a la alta calidad de sus nutrientes. Además de la fruta, las hojas del aguacate tienen una amplia gama de beneficios farmacológicos, tal como lo han confirmado numerosas investigaciones. Por ejemplo, se ha demostrado que el extracto acuoso de hojas de aguacate tiene un efecto analgésico y antiinflamatorio en la reducción del dolor en ratones (Loh & Lim, 2018).

Son cinco los países que producen el 80 % de los aguacates y México es el principal productor (Díaz, Ardila & Guerra 2019). El consumo de aguacate a nivel mundial va en crecimiento monótono como se puede apreciar en la tabla 1 (Arias, Montoya, & Velásquez, 2018). De acuerdo con la FAO, la producción de aguacate en Panamá no ha cambiado, a pesar de que en el mundo la demanda del mercado ha aumentado exponencialmente (FAO, 2021).

Los productos de aguacate son inestables debido a la presencia de enzimas oxidantes que degradan su apariencia visual y sus propiedades sensoriales de color y textura. Por tanto, es necesario evaluar los procesos para obtener productos de aguacate con mínimo procesamiento (Salgado-Cervantes *et al*, 2019). La oxidación es provocada por la polifenol oxidasa (PPO, EC 1.14.18.1), una enzima que cataliza la hidroxilación de monofenoles a o-difenoles (actividad cresolasa) y la oxidación de o-difenoles a o-quinonas (actividad catecolasa), que representan el principal producto de reacción. Las reacciones posteriores de las quinonas conducen a la acumulación de melanina, que es el pigmento marrón o negro asociado con el "pardeamiento" en las reacciones de los tejidos vegetales. La PPO se encuentra en orgánulos celulares como los cloroplastos, las mitocondrias y los peroxisomas, donde está firmemente unida a la membrana o es soluble. El ablandamiento es promovido por la pectina metilesterasa (PME, EC 3.1.1.11) y poligalacturonasa (PG, EC 3.2.1.15) (Cox *et al.*, 2004), (Benen & Visser, 2003).

Comprender los cambios de pigmento durante la maduración de "Hass" es fundamental ya que se podría controlar la coloración de alguna manera para coordinar mejor el suavizado y el cambio de color. Según Hernández & Briceño (2009), la actividad de la polifenoloxidasa (PFO) se reduce de forma significativa al aplicarle un baño de ácido cítrico y ácido ascórbico a frutos y vegetales, lo que evita el proceso de pardeamiento enzimático. La aspersión con un baño químico es una técnica considerada de cuarta gama debido a la poca manipulación que se le realiza a la fruta. Se basa principalmente en la aspersión de la fruta con una solución acuosa que contiene algún compuesto químico antimicrobiano, antioxidante,



antipardecante, entre otros (Gil-Giraldo et al., 2019). Los ácidos orgánicos poseen características antioxidantes.

**Tabla No.1.** Proyección del consumo per cápita aparente de aguacate en (kg-persona/año)

Consumo per cápita	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Mundo	0,66	0,71	0,75	0,74	0,77	0,80	0,83	0,85
Estados Unidos de América	2,20	2,73	3,22	2,70	3,25	3,44	3,64	3,85
Países Bajos	1,40	2,40	2,11	2,52	1,01	1,69	1,62	1,56
Francia	1,31	1,54	1,47	1,73	1,86	1,97	2,10	2,22
Reino Unido	0,62	0,81	1,16	1,49	1,62	1,94	2,21	2,48
España	1,01	1,20	1,42	1,80	1,78	2,09	2,30	2,52
Canadá	1,64	1,72	1,95	2,15	2,20	2,40	2,55	2,71
Alemania	0,32	0,39	0,46	0,56	0,69	0,75	0,84	0,93
Japón	0,47	0,45	0,45	0,58	0,45	0,50	0,51	0,52
China	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13
Bélgica	0,55	0,47	0,51	0,94	1,22	1,28	1,46	1,64
Hong Kong, China	0,28	0,48	0,45	0,70	0,79	0,91	1,04	1,16
Suecia	2,04	1,99	1,82	1,83	2,09	1,94	1,93	1,92
Arabia Saudita	0,32	3,34	0,53	0,54	0,67	0,75	0,84	0,93
Rusia, Federación de	0,10	0,10	0,08	0,08	0,13	0,11	0,12	0,12
Argentina	0,32	0,40	0,34	0,38	0,52	0,51	0,54	0,58
Italia	0,09	0,14	0,17	0,21	0,26	0,30	0,34	0,38
Australia	2,68	2,66	2,65	3,51	3,33	3,62	3,83	4,05
Emiratos Árabes Unidos	0,79	1,39	1,54	1,60	2,04	2,29	2,56	2,83
Suiza	0,97	1,16	1,37	1,65	1,82	2,05	2,27	2,48
Dinamarca	1,74	1,91	2,43	2,31	2,29	2,59	2,74	2,89
Polonia	0,10	0,16	0,21	0,22	0,30	0,34	0,39	0,43
Noruega	1,73	2,04	2,25	2,36	2,48	2,72	2,90	3,08
México	7,40	7,02	6,20	7,55	8,54	8,19	8,47	8,75
Dominicana	35,69	39,31	48,55	54,00	54,50	62,10	67,33	72,56
Colombia	6,30	6,20	6,33	5,99	6,31	6,17	6,15	6,13
Perú	5,69	5,50	6,10	8,22	7,19	8,26	8,83	9,41
Brasil	0,76	0,74	0,86	0,92	0,85	0,93	0,97	1,01
Kenya	3,41	4,12	2,07	2,67	3,42	2,71	5,56	2,42
Indonesia	1,15	1,20	1,48	1,17	1,37	1,40	1,44	1,48

**Nota:** cálculos propios con datos de FAO (2021), ITC (2018)

La industria de alimentos utiliza los ácidos principalmente por su función de acidificación, toda vez que medir cuantitativamente su nivel de acidez (pH); se observa que un bajo nivel de pH retardará el crecimiento de microorganismos indeseables y bacterias, de igual manera aumentará la efectividad de sus conservadores y se aminora el requerimiento de tratamientos térmicos drásticos en la esterilización de frutas y verduras

enlatadas como que también promueve la inactivación de enzimas indeseables como polifenoloxidasas (Papagianni, 2001).

Si bien, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto del baño químico con ácido cítrico y ácido ascórbico, concentración, refrigeración, temperatura y pardeamiento enzimático en *Persea americana* mínimamente procesada, este experimento es el precursor de este tipo que se realiza en Panamá, con la expectativa de que sea la simiente para otras investigaciones donde se observen nuevas variables, con la confianza de que se pueda contribuir en el futuro próximo con la seguridad alimentaria.

## **Materiales y método**

### **Materia prima**

Para este estudio se emplearon 40 aguacates variedad Hass obtenidos de un proveedor particular, que garantizó la colecta de los mismos árboles de su huerto, con el fin de certificar el manejo del monocultivo de aguacate, la distancia de siembra, la calidad química del suelo, la topografía, la capacidad de cobertura, la cantidad de luz, recurso hídrico y nutrientes.

La entrega del material se realizó bajo las más estrictas normas al laboratorio de la universidad en el que se llevó a cabo el experimento. La madurez de consumo se registró a través de la medición de la longitud y diámetro de cada uno de ellos, además, se utilizó un colorímetro de reflectancia marca Konica Minolta, asimismo se obtuvieron los valores de luminosidad, cromaticidad y matiz.

Posteriormente a la sanitización, se procedió a trocear con un cuchillo de corte y fueron colocados en una bandeja de plástico, donde se le aplicó por aspersión el baño químico de ácidos orgánicos (Gil-Giraldo et al., 2019).

### **Agente inhibidor**

El baño químico se preparó con agua hervida cuyo pH fue de 7.04. Para el oscurecimiento enzimático se utilizó el ácido cítrico no solamente por su comprobado funcionamiento en la industria alimentaria, sino además por el bajo costo que implica su adquisición. Asimismo, se empleó ácido ascórbico, ( $C_6H_8O_6$ ) como agente antioxidante. La pureza de ambos ácidos es mayor al 99.7 %.

De acuerdo con Campos (2014), los antioxidantes ácido ascórbico y ácido cítrico suministran un control adecuado en la postcosecha, con una concentración de 3 % y, la combinación de ambos en la proporción de 2:1.

En el experimento, las mezclas se prepararon con la unidad de concentración denominada porcentaje de concentración masa/volumen. Cada solución contenía dos ácidos: ácido ascórbico ( $0.5g L^{-1}$ ,  $1.0g L^{-1}$  y  $15g L^{-1}$ ) y ácido cítrico ( $0.5g L^{-1}$ ,  $1.0g L^{-1}$  y  $15g L^{-1}$ ). Es decir, el baño químico 1 (BQ 1) tenía  $0.5g L^{-1}$  de ácido ascórbico y  $0.5g L^{-1}$  de ácido cítrico.

## **Equipos**

Se lavaron y desinfectaron los instrumentos y la cristalería, con una solución de 500 ppm de hipoclorito de sodio. Se utilizaron vasos químicos de 50 ml, y matraces de preparación de 100 ml, para elaborar las soluciones acuosas de ácidos cítrico y ácido ascórbico. Las muestras fueron almacenadas en una refrigeradora marca FRIGERADE Modelo# FFTR1817LW8 SERIE BA22121891 cuya temperatura se graduó a 4°C y en un enfriador Thermo Fisher Scientific High Performance Refrigerators and Freezers Model #TSX1205SA17 SERIAL # 1123767301191121, que fue graduado a 8°C. Las mediciones se realizaron los días 0, 4, 8, 12.

## **Método**

Se prepararon ciento ocho (108) muestras para analizar la efectividad del baño químico. Se emplearon 3 muestras por tipo de baño, para cada día observado, que hacen un total de 18 muestras (incluyendo un triplicado de grupo control para cada día observado), y a su vez, luego de ser tratadas se abrieron al cuarto, octavo y doceavo día haciendo un total de 54 muestras. Como se evaluó el efecto de la temperatura de refrigeración (4°C y 8°C), en las cualidades subjetivas de las porciones luego de ser empacadas al vacío, en total se evaluaron 108 muestras. Cada fruto fue cortado en cuatro partes y fueron colocados un cuarto por muestra. Como control se utilizó la fracción sin la aplicación del baño químico. Las muestras experimentales y controles se sellaron y empacaron al vacío con una máquina modelo LP-11S con un poder de 90W, que tiene una presión de vaciado de unos -60kPpa.

## **Empacado**

Se utilizó un envasado al vacío con la intención de inhibir bacterias y otros organismos que pudieran perjudicar las muestras, es decir, a través de calidad e inocuidad de alimentos. El empaque se realizó con bolsas especializadas para productos alimenticios, elaboradas con un 95 % de polietileno, y un 0,5 % de poliamida. La dimensión de las bolsas fue de 25 X 30 cm. La selección del material de empackado, LDPE, y el equipo de envasado al vacío, se usaron en función de resultados previos por demostrar su efectividad en el empackado (Xiao & Kiyota, 2000).

## **Cualidades subjetivas**

Luego de retirados del almacenamiento, los aguacates fueron inspeccionados y examinados visualmente por un panel de 9 participantes seleccionados de manera probabilística aleatorio simple y con doble ciego, (evitando el contacto o comunicación entre sí, antes y durante el experimento) para detectar el desarrollo de moho o descomposición. Se determinó el color de la piel en términos de textura, olor, sabor y color. Previo a ser cortados y luego de ser

tratados y almacenados, se podía percibir el color de la piel como verde, o negro, sinónimo de grado de maduración (Hassan & Dann, 2019). Los cambios en la firmeza se inspeccionaron al tacto en busca de puntos blandos (Hassan & Dann, 2019). También se observaron y registraron otras variaciones con respecto a la apariencia física, como manchas oscuras o hematomas. Con base en las observaciones, a cada fruta se le asignó una valoración general de "buena", "regular" o "mala".

## Resultados

El registro de los datos se realizó a través de la elaboración de una tabla en Excel en la que se integraron los resultados de la medición de las variables. La información descriptiva se encuentra en la sección de anexos.

## Análisis estadístico

Las diferencias entre las muestras (control y experimental), fueron establecidas a través del software de análisis estadístico SPSS versión 24. La prueba estadística Kolmogorov Smirnov fue empleado para determinar si la data tenía una distribución normal. Se realizaron otros análisis estadísticos para el estudio de la relación entre el efecto del baño químico y los días de almacenamiento, se utilizó la prueba de estadística inferencial Kruskal Wallis, con un nivel de significancia de 0,05. Para determinar la significancia entre las características sensoriales y la temperatura de almacenamiento se utilizó la prueba estadística de U de Mann Whitney, con un nivel de significancia de 0.05.

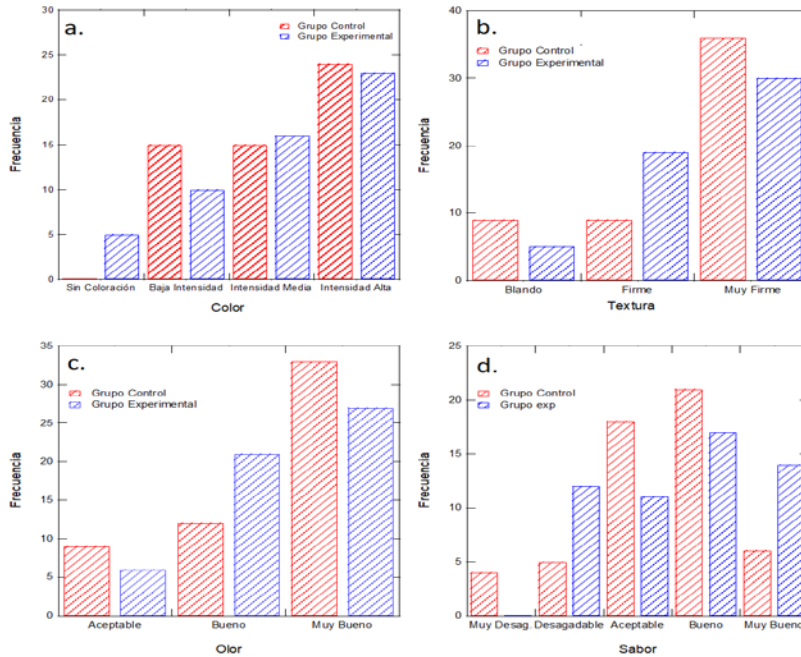
Se utilizó estadística inferencial no paramétrica para probar cada una de las hipótesis.

**Tabla No.2.** Pruebas no paramétricas realizadas durante el estudio

Hipótesis	Estadístico de prueba	Significancia	Resultado
<i>H01 = Tipo de variable (control y experimental).</i>	Kolmogorov-Smirnov	p=0.000	Existen diferencias estadísticamente significativas entre las medidas del grupo control y del grupo experimental.
<i>H02: Baño químico (1-2-3).</i>	Kolmogorov-Smirnov	p=0.000	Existen diferencias estadísticamente significativas entre el baño químico 1, 2 y 3.
<i>H03: Grados de temperatura (4°y 8°).</i>	Kolmogorov-Smirnov	p=0.000	Existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos sometidos a grados de temperatura 4°y 8°.
<i>H05: Día (4, 8, 12).</i>	Kolmogorov-Smirnov	p=0.000	Existen diferencias estadísticamente

			significativas por día (4, 8, 12).
<i>H06: Masa</i>	Kolmogorov-Smirnov	p=0.000	Existen diferencias estadísticamente significativas con respecto a la masa
<i>H07: Control 1 = Control 2 = Control 3 con respecto a la masa</i>	Kruskal Wallis	p = 0.182.	No existen diferencias estadísticamente significativas, entre el grupo control1, 2 y 3 respecto a la masa
<i>H08: Muestra A = Muestra B = Muestra C con respecto a la masa</i>	Kruskal Wallis	valor p = 0.969	No existen diferencias estadísticamente significativas, entre la Muestra A, B y C con respecto a la masa.
<i>H09: Baño químico 1 = Baño químico 2 = Baño químico 3 con respecto a la masa</i>	Kruskal Wallis	p = 0.466	No existen diferencias estadísticamente significativas, entre el baño químico 1, 2 y 3 con respecto a la masa.
<i>H010: 4 grados = 8 grados con respecto a la masa</i>	U de Mann Whitney	p = 0.105.	No existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras expuestas a 4 y 8 grados de temperatura con respecto a la masa.
<i>H011: Día 1 = Día 4 = Día 8 = Día 12 con respecto a la masa</i>	Kruskal Wallis	p=0.000	Existen diferencias estadísticamente significativas con respecto al día de medición con respecto a la masa.
<i>H013: r=0</i>	Rho de Spearman	p=0.000	Existe una relación positiva y directa con un coeficiente de correlación entre el grupo control y el grupo experimental de 0.596

Las pruebas estadísticas indican que sí hay diferencias significativas entre los baños químicos 1, 2 y 3, siendo el más efectivo el baño químico 3, el cual tenía una concentración de 1.5g/L de ácido cítrico y 1.5g/L de ácido ascórbico; se evidencia por baja presencia de pardeamiento enzimático en *Persea americana*. Con relación al tiempo de almacenamiento el análisis estadístico inferencial indica que si hay diferencias significativas por los días de almacenamiento, resultando que el mejor día fue el día 8.



**Figura No. 1.** Resultados cualitativos para cuatro indicadores de calidad en el aguacate (color, textura, olor y sabor)

Estos resultados se obtuvieron a través de la evaluación que proporcionaron 9 participantes experimentales seleccionados con doble ciego. En el caso del color, los evaluadores proporcionaron mejores puntajes a las piezas en la intensidad media que pertenecen al grupo experimental (panel 1 de la Fig. 1). Los participantes consideraron que la magnitud de firmeza es mayor en el grupo experimental, aunque menor en la opción de respuesta “muy firme”. Se desconoce la rugosidad de la piel de los participantes y su capacidad de la medición al tacto. (panel B de la Figura 1). En el caso del olor, la evaluación con respecto al aroma tuvo niveles más elevados en el grupo control, (panel C de la figura 1). Finalmente se determinó que el sabor es muy bueno en el grupo experimental (panel D de la Figura 1).

El alcance de este estudio revela que, aunque existen instrumentos de laboratorio específicos y eficientes para medir el color, la textura, el olor y el sabor, para el equipo de investigación era interesante conocer la evaluación del consumidor final.

Ninguno de los participantes tuvo contacto o comunicación entre sí, antes y durante el experimento, de manera que sus respuestas estuvieran lo menos sesgadas posible. Se establecieron además los parámetros dictados en la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos de la Organización de las Naciones Unidas.

## Conclusión

El aguacate ha sido objeto de numerosas investigaciones a lo largo de los años, sin embargo, es en la actualidad cuando se ha encontrado mayor interés científico no solamente debido a sus cualidades nutricionales y farmacéuticas. Se busca mejorar la calidad y aumentar la producción y consumo.

El objetivo en este trabajo estuvo encaminado a evaluar el efecto del baño químico con ácido cítrico y ácido ascórbico sobre el pardeamiento enzimático en *Persea americana* mínimamente procesada. El estudio se llevó a cabo con 108 porciones de aguacate, de los cuales el 50% corresponde al grupo control y el resto al grupo experimental.

Las muestras son consistentes con relación a la masa, no hay evidencia estadística que la aplicación de los baños químicos y las temperaturas de almacenamiento influya en la pérdida de masa. En estudios similares realizados con fresas, los frutos recubiertos con los baños químicos perdieron menos peso (Gil-Giraldo *et al.*, 2019), esto se puede explicar ya que en el estudio citado el baño químico contenía cloruro de calcio que taponaba la entrada y salida de agua de los frutos. Con respecto a la relación de pérdida de masa y los días de almacenamiento se observa que a partir del día 4 hay evidencia que se inicia una pérdida de masa significativa.

El estudio demuestra que no existen diferencias significativas con valores  $p > 0,05$  entre los distintos tipos de baños químicos con relación al olor, sabor, color, y textura; otros estudios sugieren que la actividad antioxidante de los ácidos orgánicos se manifiesta con concentraciones superiores al 25 por ciento masa/volumen (Baranco Contreras, 2003).

Los resultados establecen que existen diferencias significativas entre el olor, sabor y color y las temperaturas empleadas en el almacenamiento. El estudio demuestra que *Persea americana* sabe mejor a 8°C.

El efecto del baño químico con ácido cítrico y ácido ascórbico sobre el pardeamiento enzimático no logró los resultados esperados con respecto a la textura y al olor, debido a que la evaluación estuvo a cargo del consumidor final, es decir de un panel de participantes seleccionados de manera probabilística aleatoria simple.

Estos alcances, aunque incipientes, son útiles porque motivan a continuar investigando el tema con la certeza de que se tomarán mejores decisiones metodológicas, además de contribuir con la seguridad alimentaria, en un futuro cercano, y al mismo tiempo determinar nuevas formas de preservar y comercializar este producto.

## Agradecimientos

Gracias a todas las personas que han colaborado en este estudio; así como al equipo de investigación de la Universidad Especializada de las



Américas. Se reconoce la orientación recibida para el diseño inicial de este manuscrito, a través del Seminario-Taller de Redacción de Artículos Científicos ofrecida por el Decanato de la Facultad de Biociencias y Salud Pública (junio de 2021).

### References:

1. Arias, F., Montoya, C., & Velásquez, O. (2018). Dinámica del Mercado mundial de aguacate. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (55), 22 -35.
2. Baranco Contreras, F. J (2003). Extracción y Evaluación de Compuestos con Capacidad Inhibitoria del Proceso de Oscurecimiento Enzimático de Aguacate Hass Persea americana variedad mill, obtenidos de la semilla del fruto. Tesis de ingeniero en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” División de Ciencia Animal. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
3. Benen J. A, & Visser J. (2003) Polygalacturonases. In: Whitaker J, Voragen A, Wong D (eds) *Handbook of food enzymology*. Marcel Dekker Inc, Nueva York, pp 857–866
4. Campos M., & Tony B. (2014). Efecto del ácido cítrico en la inhibición del oscurecimiento enzimático de la yuca blanca (*manihot esculenta crantz*) mínimamente procesada, envasada y almacenada en refrigeración. Tesis de Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia. Departamento de Ucayali.
5. Cox K. A., McGhie, T. K., White, A. & Woolf, A. B. (2004) Skin colour and pig-ment change during ripening of Hass avocado fruit. *Posthar-vest Biology and Technology* 31, 287-294.
6. Cortés-Herrera, C., Chacón, A., Artavia, G., Granados-Chinchilla, F., & Pacifico, S. (2019). Simultaneous LC/MS Analysis of Carotenoids and Fat-Soluble Vitamins in Costa Rican Avocados (*Persea americana Mill.*). *Molecules*, 24(24), 4517.  
<https://doi.org/10.3390/molecules24244517>
7. Díaz, J., Ardila, C., & Guerra, M. A. (2019). Case Study on the Eligibility of Colombian Hass Avocado in the US Market: Opportunities in East Asia. *Online Journal Mundo Asia Pacífico*, 8 (14), 5–27. DOI: 10.17230/map.v8.i14.01
8. FAO (2021). Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. Aguacate.  
<http://www.fao.org/faostat/es/#search/aguacate>
9. Gil-Giraldo, E. J., Duque-Cifuentes, A. L., & Quintero-Castaño, V. D. (2019). Efecto del baño químico sobre la conservación de propiedades



- físicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de fresa. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 17(2), 36-45.  
<https://doi.org/10.18684/bsaa.v17n2.1251>
10. Hernández, E. & Briceño, L (2009). Evaluación del pardeamiento enzimático durante el almacenamiento en congelación del puré de Palta (*Persea americana* Mill) Var. Hass. *Anales Científicos, UNALM*, 70 (4), 1-12
  11. Herrera-González, J., Salazar-García, S., Martínez-Flores, H., & Ruiz-García, J. (2017). Preliminary signs of physiological maturity and postharvest performance of Méndez avocado fruit. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40 (1), 55 – 63.
  12. Mahendran T., Brennan J.G. & Hariharan G. Aroma volatiles components of “Fuerte” Avocado (*Persea americana* Mill.) stored under different modified atmospheric conditions. *Journal of Essential Oil Research*. 2019;31(1):34-42.  
[doi:10.1080/10412905.2018.1495108](https://doi.org/10.1080/10412905.2018.1495108)
  13. Minh, N. P. (2020). Evaluation of physicochemical and antioxidant characteristics of spray dried avocado (*Persea americana*) powder under storage. *Research on Crops*, 21(4), 687–692.  
<https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.107>
  14. Papagianni, M., Nokes, S., & nFiler, K. (2001). Submerged and solid-state phytase fermentation by *Aspergillus niger*: Effects of agitation and medium viscosity on phytase production, fungal morphology and inoculum performance. *Food Tech. Biotechn.* 39 (4), 319–326.
  15. Restrepo Osorio, C., Gómez Velásquez, F. A., Correal, A. G., Torres Bonilla, J. M., & Urrea Trujillo, A. I. (2018). In vitro propagation of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass through morphogenesis. *Acta Agronómica*, 67(1), 160–167.  
<https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.61474>
  16. Rosero, J. C., Cruz, S., Osorio, C., Hurtado, N., & Moreno, D. A. (2019). Analysis of Phenolic Composition of Byproducts (Seeds and Peels) of Avocado (*Persea americana* Mill.) Cultivated in Colombia. *Molecules*, 24(17), 3209. <https://doi.org/10.3390/molecules24173209>
  17. Salgado-Cervantes, M., Servent, A., Maraval, I., Vargas-Ortiz, M., & Pallet, D. (2019). Flash Vacuum-Expansion Process: Effect on the Sensory, Color and Texture Attributes of Avocado (*Persea americana*) Puree. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 74(3), 370–375. <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00749-3>
  18. Talavera, A., Soorni, A., Bombarely, A., Matas, A. J., & Hormaza, J. I. (2019). Genome-Wide SNP discovery and genomic characterization in avocado (*Persea americana* Mill.). *Scientific Reports*, 9(1), 1–13.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-56526-4>

19. Vergara-Pulgar, C., Rothkegel, K., González-Agüero, M., Pedreschi, R., Campos-Vargas, R., Defilippi, B. G., & Meneses, C. (2019). De novo assembly of *Persea americana* cv. “Hass” transcriptome during fruit development. *BMC Genomics*, 20(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-5486-7>
20. Xiao, L. A. & Kiyota, M. (2000). Design of modified atmosphere package for retaining freshness of avocado (*Persea americana*) fruits. *Environ. Control in Biol.* 38: 157-164.
21. Zhi Hung , L. & Yau Yan, L. (2018). Drying effects on antioxidant activity, enzyme activity, and phytochemicals of avocado (*Persea americana*) leaves. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(10), e13667. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13667>

## **Preparación y Usos de la Harina de Maíz en Antojitos Regionales en el Municipio de Escárcega, Campeche, México**

*Cecilia Del Jesús López Velasco (Lic. En Gastronomía)*

*Arianna Del Ángel Pacheco May (Lic. En Gastronomía)*

*Bibiana Piedra Vázquez (Lic. Gastronomía)*

*Maximiliano Vanoye Eligio (Doctor en Ciencias)*

Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, Escárcega, Campeche

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p260](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p260)

Submitted: 15 April 2021

Accepted: 16 June 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

N'Guessan A.H., Gogue D.O., Anougba B.D., Dembélé I. & Allou K. (2021). *Evaluation de Différents Types de Substrats sur Le Développement des Plantules de Palmiers À Huile (Elaeis Guineensis Jacq.) en Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 260.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p260>

### **Résumé**

El maíz, como se dice en México (*Zea mays* L.) es una gramínea anual originaria de América, concretamente de la región centro Occidente de México. Existe una gran diversidad de variedades de maíz. Los grupos étnicos y agricultores han seleccionado este cultivo por miles de años para diferentes usos, y han creado y conservado los tipos adecuados de maíz para usos especializados. Con base en todo lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue identificar los procesos de la preparación de la harina de maíz (masa) y sus usos en la gastronomía del sur del estado de Campeche, México. Para el logro de la investigación se visitaron en total 28 establecimientos, 10 dedicados a la elaboración de la harina de maíz (masa) y 18 enfocadas a la preparación de antojitos regionales a base de masa de maíz. Se observaron básicamente dos formas de preparar harina de maíz. De igual forma para la preparación de la masa para elaborar antojitos regionales fueron identificados cuatro estilos. En la ciudad de Escárcega se comercializan 14 tipos diferentes de antojitos regionales. Las empanadas fritas o al comal son las de mayor demanda. El sur del estado de Campeche presenta una riqueza gastronómica en la preparación de antojitos regionales, ya que presenta influencias de comunidades centro y sur de México, por lo que es importante

considerar al área como una zona rica en su gastronomía.

---

**Palabras Clave:** Maíz, Antojitos, Campeche

## **Preparation and Uses of Corn Meal in Regional Antojitos in The South of The State of Campeche, Mexico**

*Cecilia Del Jesús López Velasco (Lic. En Gastronomía)*

*Arianna Del Ángel Pacheco May (Lic. En Gastronomía)*

*Bibiana Piedra Vázquez (Lic. Gastronomía)*

*Maximiliano Vanoye Eligio (Doctor en Ciencias)*

Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, Escárcega, Campeche

---

### **Abstract**

Corn, as it is said in Mexico (*Zea mays* L.) is an annual grass native to America, specifically from the central-western region of Mexico. There is a great diversity of varieties of corn. Ethnic groups and farmers have selected this crop for thousands of years for different uses, and have created and preserved the right types of corn for specialized uses. Based on all of the above, the objective of this research was to identify the processes of the preparation of corn flour (masa) and its uses in the gastronomy of the southern state of Campeche, Mexico. In order to achieve the research, a total of 28 establishments were visited, 10 dedicated to the production of corn flour (masa) and 18 focused on the preparation of regional snacks based on corn masa. Basically two ways of preparing corn flour were observed. Similarly, for the preparation of the dough to make regional snacks, four styles were identified. In the city of Escárcega 14 different types of regional snacks are sold. Fried or comal empanadas are the ones in greatest demand. The south of the state of Campeche presents a gastronomic wealth in the preparation of regional snacks, since it has influences from the central and southern communities of Mexico, so it is important to consider the area as an area rich in its gastronomy.

---

**Keywords:** Corn, Snacks, Campeche

### **Introduccion**

El maíz, como se dice en México (*Zea mays* L.) es una gramínea anual originaria de América, concretamente de la región centro Occidente de México. El nombre proviene de las Antillas, pero en México, de donde es incuestionablemente originario, los nahuas le denominaron milpa (a la planta), centli (a la mazorca) y tlaolli (al grano) (López-Romero *et al.*, 2005).

La taxonomía del género *Zea* ha sufrido cambios durante los últimos años. En este estudio se sigue la siguiente clasificación:

**Nombre común:** Maíz

**Nombre científico:** *Zea mays*

**Reino:** Plantae (plantas)

**Phylum:** Magnoliophyta (plantas con flores)

**Clase:** Liliopsida (monocotiledónea)

**Orden:** Cyperales (pastos)

**Familia:** Poaceae

**Género:** *Zea*

**Especie:** *Zea mays*

Por otro lado, en 1950, Mangelsdorf concluyó que existe una gran diversidad de variedades de maíz en México, y que todos los grupos principales que se reconocen a la fecha (dentados, harinosos, cristalinos, duros, dulces y palomeros) existían incluso desde el descubrimiento de América. De acuerdo con Hernández y Alanís (1970), la selección del humano ha sido determinante en la diversidad de maíz generada. Los grupos étnicos y agricultores han seleccionado este cultivo por miles de años para diferentes usos, y han creado y conservado los tipos adecuados de maíz para usos especializados, adaptados a sus regiones microclimáticas y a sus ambientes particulares, tras lo cual han generado patrones varietales (Busse-Valverde *et al.*, 2010) todo ello de acuerdo con sus costumbres, conocimientos, prácticas de manejo y tradiciones. Desde el punto de vista geográfico, se puede considerar que las zonas de mayor diversidad genética para el maíz son aquellas donde se ubica el teocintle, y donde posiblemente fue domesticado, esto es, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Occidental de México, y en el Eje Volcánico Transversal de México, principalmente en la región Centro-Occidente (González Castro *et al.*, 2013).

Los análisis de ADN de Matsuoka *et al.* (2002) sugieren que los maíces se diversificaron primero en los valles altos (particularmente entre los estados de Oaxaca y Jalisco), antes de que se distribuyeran hacia las regiones bajas. Estos resultados coinciden con la ubicación del Centro- 10 Occidente como centro primario de domesticación. Sangermán-Jarquín *et al.* (2018) sugieren que el maíz mexicano no estaba distribuido al azar, sino que se encontraba asociado en complejos amplios con marcada tendencia geográfica y altitudinal, y que existían variaciones de planta a planta en la misma parcela, de parcela a parcela en la misma localidad, y de región a región. López-Romero *et al.* (2005) concluyen que existen variedades de maíz para casi cada necesidad específica, en primer lugar, en cuanto a usos alimentarios, patosistemas, entomosistemas, edafosistemas, termohidrosistemas, con diferentes alturas de planta, tolerancia a calor, frío o sequía, y adaptadas a diferentes tipos de suelo, altitud y latitud. Evidencia de esto último es que el

maíz es cultivado desde el nivel del mar hasta arriba de 3,000 metros de altura; y crece en regiones con menos de 400 mm de precipitación anual hasta aquellas con 3000 mm o más, características que se presentan en los distintos estados de la República Mexicana (Garma-Quen, 2017).

En el estado de Campeche, la producción de maíz se efectúa a partir de dos ciclos de siembra, en primavera – verano se cultivan unas 145 mil hectáreas y en otoño – invierno se cultivan de 4 a 5 mil hectáreas en el centro y sur del estado. En ambas temporadas es con la finalidad de producir grano para alimentar a sus animales domésticos (aves y cerdos principalmente), obtener elotes para consumo fresco y parte de la producción se utiliza para elaborar masa de maíz, que previamente paso por el proceso de nixtamalización. La masa se utiliza en la gastronomía campechana en la preparación de antojitos regionales.

Los antojitos mexicanos se refieren a aquellos bocadillos que se comen en ambientes informales o antes de la comida y que se venden, por lo general, en puestos improvisados. Casi siempre están hechos de tortilla o masa de maíz. En los restaurantes suelen servirse como entremés. Un antojito puede ser también la comida principal, el desayuno o la cena, y no sólo un alimento entre comidas. Cada región tiene sus antojitos típicos. Como antojitos en México se les conoce a las quesadillas, tlacoyos, gorditas, molotes, tacos, garnachas, sopes, polcanes, panuchos, chalupas, piedrazos, tamales, empanadas, memelas, tortas, pambazos, sincronizados y gringas. Sin embargo, cada estado de la República Mexicana presenta sus particularidades, por ejemplo, en Aguascalientes se acostumbra tostadas de cueritos y gorditas de cuajada. En Baja California Sur, almejas pismo. En Colima, sopitos. En el Distrito Federal y sus alrededores, sopes, quesadillas, tlacoyos, tacos de guisado, sudados y de barbacoa, pambazos, tortas y tostadas. En Hidalgo, pastes, molotes, quesos de tenate, enchiladas huastecas y tulancingueñas y tacos mineros. En Jalisco, tortas ahogadas y flautas. En Michoacán, corundas, quesadillas de sesos y uchepos. En Oaxaca, tlayudas, chapulines, piedrazos, empanadas, quesadillas, memelas, garnachas y molotes. En Puebla, cemitas, chalupas y molotes. En Tabasco, empanadas (quesadillas) de carne y queso, panuchos, tamales de chaya y de chipilín. En Tlaxcala, tlaxcales y empedradas. En Veracruz, gorditas, molotes, garnachas, empanadas, bocoles, pemoles y pellizcadas. En la Península de Yucatán, en donde se ubica geográficamente el estado de Campeche son salbutes, panuchos, polcanes y codzitos. Por todas estas características, los antojitos mexicanos no tienen comparación con ninguno de los que se podrían llamar antojitos internacionales, por ejemplo: las entradas españolas, antipastis italianos, amouse-buuche francesas y los sandwiches anglosajones. Es importante mencionar que los antojitos tienen un fuerte sabor, es por ello que su método de preparación ubica a la gastronomía mexicana en la lista de las 10 mejores del mundo. En base a todo

lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue identificar los procesos de la preparación de la harina de maíz (masa) y sus usos en la gastronomía del sur del estado de Campeche, México.

### **Materiales y métodos**

El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Escárcega, que se ubica en el municipio del mismo nombre. El municipio se encuentra en el sur del estado de Campeche. En la ciudad se visitaron 10 establecimientos que comercializan tortillas y masa de maíz. En cada establecimiento se permaneció observando el proceso de la preparación de la masa (Anexo 1).

De igual forma, se acudió a 10 establecimientos (fondas económicas, taquerías, restaurantes, entre otros) enfocados en la preparación de antojitos regionales a partir de la masa de maíz. En estos establecimientos se observó (Anexo 1) el menú que tienen a la vista del público en general con la finalidad de identificar la variedad de antojitos regionales que se preparan y cuáles son los de mayor demanda.

Los datos de observación registrados en la elaboración de la masa de maíz y en la preparación de los antojitos regionales se anotaron en una bitácora. Posteriormente los datos fueron capturados en una base de Excel para la elaboración de gráficos y tablas.

### **Resultados y discusión**

En total se visitaron 20 establecimientos enfocados a la preparación de la harina de maíz (masa) y preparación de antojitos regionales con la masa de maíz (Tabla 1).

**Tabla 1.** Establecimientos que preparan harina de maíz (masa) y antojitos regionales en la Ciudad de Escárcega, Campeche, México

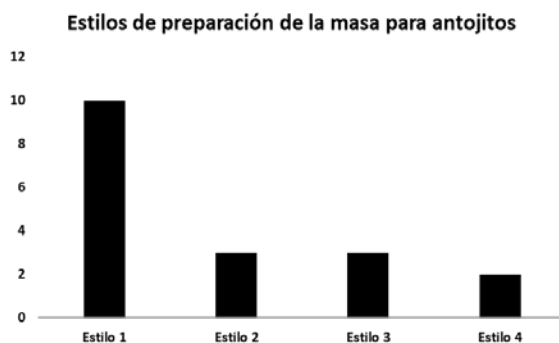
<b>Establecimientos comercializadores de masa</b>	<b>Establecimientos comercializadores de antojitos</b>
Tortillería La Guadalupana	Cocina Económica Nuevo Mundo
Tortillería Valencia	Antojitos Lemus
Tortillería Los Panchos	Antojitos el Suave
Tortillería El Tepeyac	Cocina Económica La Bendición de Dios
Tortillería La Cruz de Mayo	Taquería Cristy
Expendio de masa La Rosita	Antojitos la Güera
Expendio de masa El Tabasqueño	Cocina Económica El Paisa
Expendio de masa La Unión	Lonchería El Paso del Mercado
Expendio de masa La Providencia	Restaurante Mi Ranchito
Expendio de masa Campechito	Lonchería Candy

Se detectó que en la preparación de masa de maíz en las tortillerías y expendios de masa varían en su proceso, ya que las primeras utilizan harina de maíz proveniente de distintas partes del país. En las tortillerías, el proceso para la preparación de la masa implica el uso de 20 kg harina de maíz, 20 litros



de agua. La harina de maíz y el agua se colocan en la amasadora por tres minutos. Posteriormente se retira y se coloca en un recipiente de acero inoxidable, dejandola reposar por cinco minutos. Una vez transcurrido el tiempo, la masa ya esta lista para ser vendida. Sin embargo, parte de la producción de masa, esta destinada para la fabricación de tortillas, por lo que el proceso continúa, depositando la masa a un alimentador, del cual salen las tortillas tradicionales, después la tortilla es transportada en una banda a tres hornos, para finalmente salir y ser empaquetada. El procedimiento descrito fue el observado en las cinco tortillerías que fueron visitadas. Por el contrario, en los expendios de masa, el proceso para obtenerla es más artesanal. Se observó en los cinco expendios de masa que el proceso implica el uso de cal, maíz y agua en proporciones iguales (20 kgs de cal, 20 kgs de maíz y 20 litros de agua). Estos ingredientes se colocan en una tina hasta que se cuece el maíz y se deja reposar un día, al siguiente día se lava y va cambiando de color, posteriormente se lleva a un molino agregando sal al gusto. El color de la masa (amarilla o blanca) depende de la cantidad de cal y el tiempo de reposo que se deja, por lo que a mayor tiempo en reposo, el color de la masa será amarilla. El color no se elimina a pesar de que se lave varias veces.

Respecto a los estilos de preparación de la masa para elaborar antojitos tradicionales, se observaron que en la ciudad de Escárcega se utilizan cuatro estilos, siendo el estilo 1 (Masa, harina de trigo, sal, agua) el que domina en los establecimientos para preparar antojitos (Fig. 2).



**Figura 1.** Estilo de preparación de la masa de maíz para la elaboración de antojitos regionales. Estilo 1. Masa, harina de trigo, sal, agua; Estilo 2. Harina de maíz (MASECA), harina de trigo, sal, agua; Estilo 3. Masa, harina de trigo, sal, agua, aceite; Estilo 4. Masa, sal, agua, aceite, azúcar

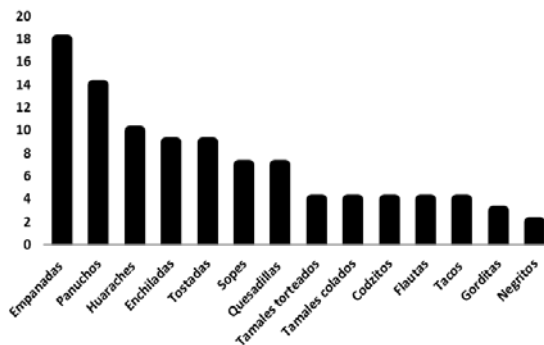
De igual forma se observó que la masa de maíz una vez preparada y lista para elaborar el antojito regional, esta puede cocerse en tres diferentes formas (Tabla 2), siendo la forma frita el de mayor preferencia y venta. Es importante resaltar que en todos los establecimientos cierto número de antojitos que se ofrecen al público en general se les da la opción si lo prefieren frito o al comal.



**Tabla 2.** Tipos de cocción de la masa

Tipo de cocción	Cantidad de establecimientos
Al vapor	6
Al comal	12
Frito	18

En relación a la variedad de antojitos regionales que se comercializan en la ciudad de Escárcega, se identificaron 14 (Fig. 2). Las empanadas, ya sea en forma frita o al comal son los antojitos de mayor demanda en la ciudad, seguido por los panuchos. Los negritos y las gorditas son los que menos se elaboran, ya que solo entre dos y tres establecimientos los venden.



**Figura 2.** Antojitos regionales que se comercializan en establecimientos de la localidad

Como se pudo observar, se detectaron 14 tipos de antojitos tradicionales que se preparan en la ciudad de Escárcega, Campeche, por lo que, en la Península de Yucatán, de la cual forma parte el estado de Campeche se considera una región amplia en su gastronomía por la gran variedad de antojitos elaborados con masa de maíz, siendo los más comunes las empanadas, panuchos, enchiladas, tostadas, sopes, diferentes tipos de tamales, flautas, codzitos, negritos y tacos. Los antojitos Campechanos son similares a los antojitos que se consumen en los estados de Yucatán y Quintana Roo, sin embargo existen algunas diferencias que se encuentran muy marcadas 1. las empanadas que se venden en el Municipio de Escárcega Campeche tienen aproximadamente entre 25 y 30 cm de largo por 10 de ancho siendo las empanadas más grandes de la región, ya que en los estados de Yucatán y Quintana Roo sus empanadas tienen un tamaño estándar como en el resto del país. 2. Los rellenos en el estado de Quintana Roo cuentan con rellenos muy propios de su Gastronomía como el queso tiptop, jamón, queso de bola, lomitos y cochinita pibil, mientras que en Campeche y Yucatán los rellenos son queso de hebra, pollo asado, carne molida y las mixtas que incluyen las tres carnes. 3. Existe controversia en la preparación de los panuchos en el estado de Campeche, Yucatán y Quintana Roo, ya que los panuchos

campechanos tienen la característica de ser suaves con una pancita que se esponja a la hora de la fritura y se les agregan los frijoles encima de la pancita, mientras que la característica de los panuchos yucatecos es que la tortilla es crujiente y va rellena de los frijoles (en Campeche a este tipo de preparación se le conoce como sincronizados). Cabe señalar que la diferencia también recae en los complementos ya que en el estado de Quintana Roo a diferencia del estado de Campeche suelen acompañarlos de huevo duro entero y guacamole.

### References:

1. Busse-Valverde, N., Gomez-Plaza, E., Lopez-Roca, J. M., Gil-Munoz, R., Fernandez-Fernandez, J. I., & Bautista-Ortin, A. B. (2010). Effect of different enological practices on skin and seed proanthocyanidins in three varietal wines. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(21), 11333-11339.
2. Garma-Quen, P. M. (2017). Conservación y caracterización fenotípica y genómica de maíces criollos de Hopelchén para su aprovechamiento sustentable. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Campeche. 103 pp.
3. González Castro, M. E., Palacios Rojas, N., Espinoza Banda, A., y Bedoya Salazar, C. A. (2013). Diversidad genética en maíces nativos mexicanos tropicales. *Revista fitotecnia mexicana*, 36, 239-338.
4. Hernandez-X, E., y Alanis, F. (1970). Estudio morfológico de cinco nuevas razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México: implicaciones fitogenéticas y fitogeográficas. *Agrociencia*, 5, 3-20.
5. López-Romero, G., Santacruz-Varela, A., Muñoz-Orozco, A., Castillo-González, F., Córdova-Téllez, L., y Vaquera-Huerta, H. (2005). Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia*, 30(5), 284-290.
6. Matsuoka Y, Y Vigouroux, M M Goodman, J Sánchez, E Buckler, & J Doebley (2002) A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 99:6080-6084.
7. Sangermán-Jarquín, D. M., Gámez-Vázquez, A. J., Navarro-Bravo, A., Ávila-Perches, M. Á., y Schwentesius-Rindermann, R. (2018). Etnografía y prevalencia de maíces nativos en San Juan Ixtenco, Tlaxcala, con énfasis en maíz ajo (*Zea mays* var. *tunicata* A. St. Hil.). *Revista fitotecnia mexicana*, 41(4), 451-459.
8. Mtro. Manuel Isaiás Pérez Alamilla (2020) *La Cocina Cotidiana de Quintana Roo*.

## Anexo 1. Guía de observación



### Guía de Observación

Proyecto: Diversidad de antojitos hechos a base de masa de maíz en el municipio de Escárcega, Campeche, México.

1. Nombre del establecimiento

R:

\_\_\_\_\_

2. Preparación de la masa para la elaboración de los antojitos en los establecimientos de comida rápida.

R:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Tipo de cocción que se utiliza para la preparación de los antojitos.

Frito	
Al vapor	
Homeado	
Al comal	

4. Antojitos más consumidos por los comensales.

Cochinitos	Fanuchos	
Empanadas fritas	Quesadillas	

Enchiladas	Tacos
Flautas	Tamales torteados
Gorditas	Tamales colados
Guaraches	Tobillos
Negritos	Brazo de reina
Tostadas	Tlacoyos

5. ¿Le gustaría que el nombre de su establecimiento apareciera en un artículo científico?

Si ( ) No ( )

6. Ingredientes que se utilizan en la preparación de la masa (para tortillas y antojitos) en las tortillerías.

R: \_\_\_\_\_

7. Proceso de elaboración de la masa en la tortillería.

R: \_\_\_\_\_

8. Proceso de elaboración del nixtamal en la tortillería.

R: \_\_\_\_\_



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Cartographie de L'accessibilité et Gouvernance Locale des Infrastructures Hydrauliques dans la Commune D'avrankou Au Sud-Est du Benin**

*Zannou Sandé,*

Laboratoire de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de Développement Durable (LATEDD)

*Dossou Guedegbe Odile,*

Département de Géographie et Aménagement du Territoire/ FASHS/  
Université d'Abomey-Calavi (UAC)

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p269](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p269)

---

Submitted: 31 August 2021  
Accepted: 20 October 2021  
Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)  
Under Creative Commons BY-NC-ND  
4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Sandé Z. & Odile D. G (2021). *Cartographie De L'accessibilité Et Gouvernance Locale Des Infrastructures Hydrauliques Dans La Commune D'avrankou Au Sud-Est Du Benin*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 269-286.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p269>

---

### **Resume**

Dans la Commune d'Avrankou, les populations éprouvent d'énormes difficultés pour s'approvisionner en eau malgré la disponibilité d'une importante quantité de points d'eau. Ce travail vise à analyser la répartition des infrastructures hydrauliques et leur mode de gestion dans ladite Commune. Pour cartographier la disponibilité des points d'eau et étudier leur mode de gestion, 115 ménages et 17 personnes ressources ont été interrogés. Le logiciel Arc GIS 10.5 a été utilisé pour la spatialisation des données. Les résultats révèlent que la Commune d'Avrankou dispose de 301 infrastructures hydrauliques dont 83 fonctionnelles et 218 non fonctionnelles. Les points d'eau fonctionnels sont constitués de 42 Forages équipés de Pompe à Motricité Humaine et 41 Bornes Fontaines alimentées par 2 Adductions d'Eau Villageoise. Sur les 84 villages de la Commune, seulement 39 villages ont accès aux points d'eau fonctionnels soit 46,42 % et parmi eux, 12 villages y ont doublement accès. Ainsi, 45 villages auraient accès si les autorités réparaient les points d'eau non fonctionnels et 15 villages si on construisait d'autres ouvrages. Les modes de gestion des infrastructures hydrauliques adoptées sont l'affermage et la gestion délégataire. Ces modes de gestion ont

permis à la mairie de mobiliser des ressources pour financer les actions de développement. L'inégale répartition des infrastructures hydrauliques est la preuve de l'inexistence d'un système de maintenance régulier et de l'absence des outils de planification spatiale dans ce secteur. Pour y remédier, il faut donc impliquer davantage et responsabiliser les populations pour la gestion des points d'eau et réparer également les ouvrages hydrauliques non fonctionnels.

---

**Palabras Clave:** Avrankou, Cartographie, infrastructures hydrauliques, accessibilité, gouvernance locale

## **Mapping of Accessibility and Local Governance of Hydraulics Infrastructures in The Municipality of Avrankou, South-East of Benin**

*Zannou Sandé,*

Laboratoire de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et de Développement Durable (LATEDD)

*Dossou Guedegbe Odile,*

Département de Géographie et Aménagement du Territoire/ FASHS/  
Université d'Abomey-Calavi (UAC)

---

### **Abstract**

In the Municipality of Avrankou, the populations experience enormous difficulties in obtaining water supplies despite the availability of a large number of water points. This work aims to analyze the distribution of hydraulic infrastructures and their mode of management in the said Municipality. To map the availability of water points and study their management method, 115 households and 17 resource people were interviewed. Arc GIS 10.5 software was used for the spatialization of the data. The results reveal that the Municipality of Avrankou has 301 hydraulic infrastructures, of which 83 are functional and 218 are non-functional. The functional water points are made up of 42 Boreholes equipped with Human Motricity Pumps and 41 Fountains supplied by 2 Village Water Adductions. Out of the 84 villages of the Commune, only 39 villages have access to functional water points, either 46.42% and among them, 12 villages have double access to it. Thus, 45 villages would have access if the authorities repaired non-functional water points and 15 villages if other structures were built. The management methods of the hydraulic infrastructures adopted are leasing and delegated management. These management methods have enabled the town hall to mobilize resources to finance development actions. The

unequal distribution of hydraulic infrastructure is proof of the lack of a regular maintenance system and the absence of spatial planning tools in this sector. To remedy this, it is therefore necessary to involve the populations more and make them responsible for the management of water points and also to repair non-functional hydraulic structures.

---

**Keywords:** Avrankou, Cartography, Hydraulic Infrastructures, Accessibility, Local Governance

## Introduction

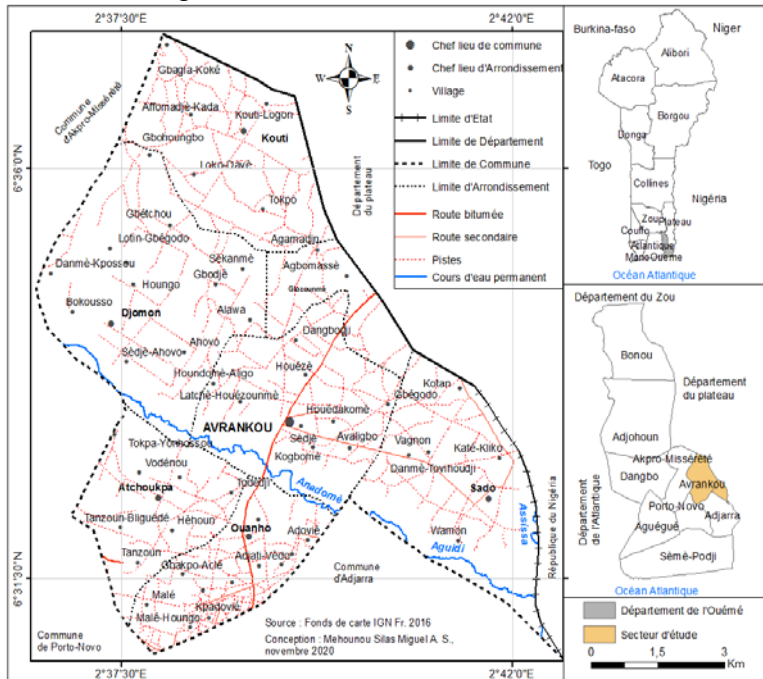
Omniprésente et rare, l'eau est l'une des ressources les plus essentielles de la planète terre. Selon F. Azonsi (2009, p. 3), « elle est une ressource fondamentale des activités humaines, un bien commun de l'humanité auquel un accès équitable doit être garanti ». C'est un bien précieux plus indispensable que l'or, le pétrole ou autres ressources utiles à l'homme. Mais, « les changements climatiques et les processus migratoires soulèvent de nouveaux défis pour l'accès à l'eau car la concurrence pour les ressources en eau à des fins agricoles augmente » (C. Baron et A. Bonnassieux, 2008, p. 18). Ainsi, d'après Solidarité Internationale (2020, p. 5) « plus de 2,2 milliards de personnes soit 29 % de la population mondiale n'ont pas accès à l'eau ». En fait, « la consommation d'eau dans le monde a plus que triplé en cinquante ans, en raison de la croissance démographique importante et des besoins croissants de la population en eau » (L. Odounlami et *al.*, 2012, p. 568).

Au Bénin, l'accès à l'eau est critique surtout en milieu rural. La gestion des ressources en eau, caractérisée par une multiplicité des centres de décision, une faible implication des acteurs et des usagers dans la prise de décision et la gestion des conflits entre agriculteurs et pasteurs sont à la base des difficultés de gestion des ressources en eau. Selon S. W. Boko (2009, p. 49), « le problème de gestion des ressources en eau par les autorités locales se pose avec acuité et occupe désormais une partie importante des débats de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) ». Avec la décentralisation, c'est la collectivité locale qui prend en charge la gouvernance des ressources en eau. Selon F. Kpohonsito (2007, p.64), « la gouvernance locale des ressources en eau combine une action collective entre la population et les autorités locales ». L'accessibilité de la population à l'eau est donc le résultat d'une bonne gouvernance.

La Commune d'Avrankou ne fait pas exception aux difficultés d'accès à l'eau potable en dépit des infrastructures hydrauliques réalisées par la Mairie. D'un arrondissement à un autre, l'ampleur du problème semble varier. La présente recherche vise à analyser le niveau d'accessibilité et le mécanisme de gouvernance locale des infrastructures hydrauliques dans la Commune d'Avrankou.

## 1. MILIEU D'ÉTUDE

La Commune d'Avrankou est située au Sud-est du Bénin dans le département de l'Ouémé, entre  $6^{\circ}31'$  et  $6^{\circ}38'$  de latitude Nord et entre  $2^{\circ}36'$  et  $2^{\circ}42'$  de longitude Est. Elle est limitée au Nord par la Commune de Sakété, au sud par les Communes d'Adjarra et de Porto-Novo, à l'Est par la Commune d'Ifangni et la République Fédérale du Nigeria, à l'Ouest par la Commune d'Akpro-Missérétié (figure 1).



La Commune d'Avrankou compte sept (07) arrondissements qui sont : Atchoukpa, Avrankou, Djomon, Gbozounmè, Kouti, Ouanho et Sado. Elle regroupe quatre vingt quatre villages et quartiers répartis par arrondissement avec une population totale de 94 651 habitants en 2019 (INSAE, 2020, p 36). Cette forte population implique un besoin de plus en plus accru en ressource en eau. Le climat de la Commune de Avrankou est du type subéquatorial et bimodal à deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches avec une pluviométrie annuelle qui se situe entre 1 400 et 1 500 mm. Ce climat est favorable à la disponibilité des eaux de pluie et de surface.

## 2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1. Typologie des données collectées sur le terrain

Les données collectées et utilisées pour atteindre l'objectif de cette recherche sont : (i) la liste des points d'eau et leur statut (fonctionnel ou non) obtenue au cours des enquêtes de terrain. Ceci a permis de connaître le nombre

et les types des sources d'approvisionnement en eau de la Commune ; (ii) les coordonnées géographiques de chaque source prises avec l'application locus map pour l'analyse spatiale de la distribution des infrastructures hydrauliques ; (iii) les modalités d'accès de la population par type d'infrastructure pour identifier les localités ayant accès à l'eau ; (iv) les modes de fonctionnement de chaque catégorie de sources d'approvisionnement en eau pour connaître les difficultés inhérentes à leur fonctionnement ; (v) les acteurs et les modes de gestion ; (vi) les difficultés et les contraintes liées à la bonne gestion des infrastructures hydrauliques dans la Commune.

## **2.2. Echantillonnage et technique de collecte des données**

La Commune compte 7 arrondissements et 84 villages. Tous les arrondissements ont été systématiquement parcourus pour recenser les infrastructures hydrauliques et les enquêtes auprès des ménages ont été faites dans 14 villages. Pour déterminer la taille de l'échantillon, la méthode de Schwartz (1995) a été utilisée avec un degré de confiance de 95 % et une marge d'erreur de plus ou moins 5 %. Elle se traduit par l'expression :  $N = Z\alpha^2.PQ/d^2$

avec : N = taille de l'échantillon par arrondissement ;  $Z\alpha$  = écart fixé à 1,96 correspondants à un degré de confiance de 95 % ; P = rapport nombre de ménages des villages retenus/nombre de ménages total de la Commune d'Avrankou ; Q = 1-P ; d = marge d'erreur qui est égale à 5 %. Au total, 115 ménages ont été questionnés.

Les 115 personnes interrogées étaient exclusivement des femmes. Le choix exclusif des femmes se justifie par le fait que ce sont elles qui s'occupent de l'approvisionnement des ménages en eau. Les femmes choisies étaient spécifiquement celles qui sont mariées, âgées d'au moins vingt (20) ans et ayant au moins un enfant. En plus de ces enquêtées, huit (08) autorités locales (3 chefs d'arrondissement et 5 Chefs villages), le SG de la mairie, le chef service planification et développement local), un (01) responsable des services Eau et Assainissement et deux (02) fermiers en charge des infrastructures hydrauliques ont été interviewés.

Pour collecter les données et informations, diverses techniques ont été utilisées. L'observation directe a été utilisée pour faire l'inventaire systématique et la prise des coordonnées géographiques des infrastructures hydrauliques. L'enquête par questionnaire a permis de recueillir auprès des femmes, les données quantitatives sur les sources d'approvisionnement en eau dans les ménages. L'entretien avec les personnes ressources a permis de collecter les données qualitatives relatives aux modes de gestion des infrastructures hydrauliques, aux facteurs limitant l'accès des populations aux infrastructures hydrauliques fonctionnels, etc.



### **2.3. Traitement des données et analyse des résultats**

Le traitement des données a consisté au dépouillement et à la codification des données issues des fiches d'enquêtes. Les données ont été regroupées par catégories et par nature afin de calculer de façon automatique les fréquences des réponses. Les coordonnées géographiques des points d'eau prises au moyen de l'application locus map ont été transférées à l'ordinateur sur une feuille de calcul Excel 2013 via le logiciel Map source. Ces données ont permis de catégoriser les infrastructures hydrauliques dans la Commune. Ensuite, ces coordonnées ont été ouvertes et superposées aux données vecteurs (shapfile) de base, comme : la limite administrative de la Commune, les routes et les localités en vue de produire la carte de répartition des infrastructures hydrauliques. Enfin, à partir de ces infrastructures, du positionnement des villages et des distances qui les séparent des points d'eau, le niveau d'accessibilité de la population à l'eau a été analysé par la production de la carte d'accessibilité.

L'analyse spatiale est basée sur les normes requises pour la répartition des infrastructures hydrauliques et sur les résultats des investigations en milieu réel. Selon l'OMS (1992, p.47), ces normes sont de un point d'eau pour 250 habitants avec une couverture de 200 m de rayon. Ceci a permis d'identifier les villages qui ont accès à l'eau et les villages qui n'y ont pas accès. Ces différentes opérations ont été faites avec le logiciel Arc gis 10.5. Cette même analyse a été faite pour les ouvrages hydrauliques non fonctionnels dans le but de faire des propositions de réparation de ces ouvrages afin de réduire un tant soit peu l'inaccessibilité à certaines sources d'eau dans cette Commune.

## **3. RÉSULTATS**

### **3.1. Typologie et répartition des infrastructures hydrauliques dans la Commune d'Avrankou**

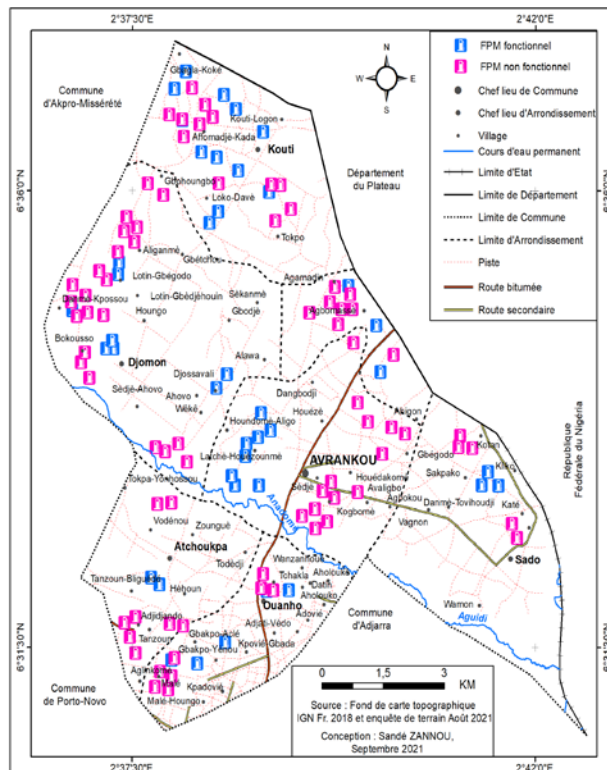
Dans la Commune d'Avrankou, on distingue deux types d'infrastructures hydrauliques réalisées par les pouvoirs publics. Il s'agit des Forages équipés de Pompe à Motricité Humaine (FPM) et des Adductions d'Eau Villageoise (AEV). Dans la Commune, deux types de FPM sont enregistrés. Il s'agit de la pompe AFRIDEV, une pompe à bras (10 à 30 m de profondeur) et de la pompe VERGNET qui est une pompe à pied (40 à 70 m de profondeur). Au total, 177 FPM couvrent la Commune d'Avrankou. La photo 1 montre un forage fonctionnel dans le village de Dangbodji.



**Prise de vue.** Zannou, décembre 2020

**Photo 1.** Forage équipé de Pompe à Motricité humaine à Dangbodj

L'observation de la photo 1 montre que le forage est très exploité par la population. La Commune dispose de 177 forages dont 58 en panne et 77 abandonnés et hors parc. Ainsi, seulement 42 forages sont fonctionnels dans la Commune, soit 23,73 %. Seulement 41,74 % des ménages enquêtés s'approvisionnent au niveau des forages. Les forages sont inégalement répartis dans la Commune. La figure 2 présente la répartition spatiale des FPM dans la Commune.



**Figure 2.** Répartition spatiale des FPM dans la Commune d'Avrankou

L'analyse de la figure 2 montre que les forages sont inégalement répartis dans la Commune. En effet, l'arrondissement de Atchoukpa dispose de 16 FPM dont seulement 2 fonctionnels. Les arrondissements d'Avrankou et Djomon disposent respectivement de 8 FPM fonctionnels. Dans l'arrondissement de Gbozounmè, 4 forages sont fonctionnels. A Kouti, 12 FPM fonctionnent sur les 34 disponibles. Dans l'arrondissement de Ouanho, 5 FPM fonctionnels sur les 22 disponibles. Seulement 3 FPM fonctionnent dans l'arrondissement de Sado.

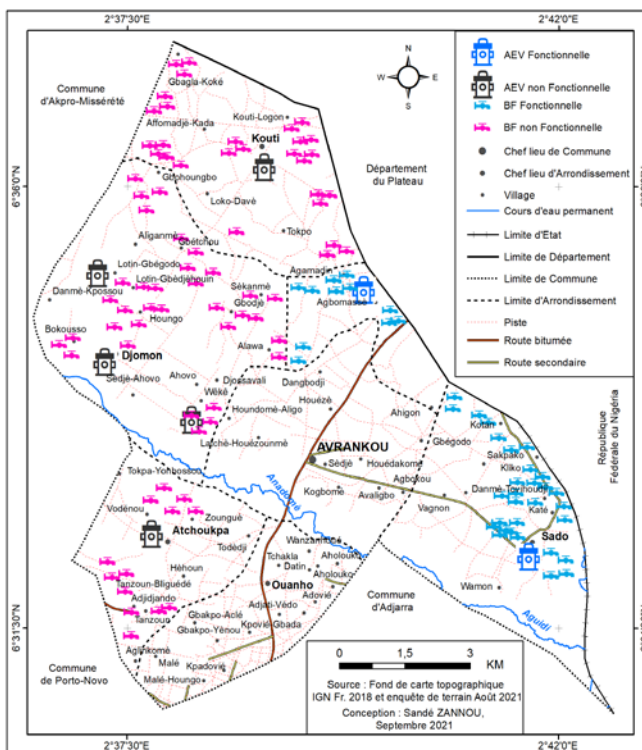
Les enquêtes de terrain ont révélé que les forages ont été financé par des organisations et partenaires internationaux de développement. Il s'agit par exemple de la Banque Mondiale et de la GIZ qui restent les principaux Partenaires Techniques et Financiers de la Commune. Leur contribution a permis la réalisation de 7 Adductions d'Eau Villageoise (AEV) dans la Commune. Une AEV est composée d'un château d'eau qui représente le réservoir d'eau et d'un groupe électrogène (photo 2).



**Prise de vue.** Zannou, décembre 2020

**Photo 2.** Dispositif de l'Adduction d'Eau Villageoise (AEV) de Seligon

La photo 2 présente le système d'AEV composé du château d'eau et du moteur de pompage réalisé à Seligon dans l'arrondissement de Gbozounmè. La distribution de l'eau stockée dans le château se fait par les Bornes Fontaines (BF). Les AEV et les BF sont inégalement répartis dans la Commune. L'absence d'un outil de planification des ouvrages hydrauliques explique les disparités en infrastructures hydrauliques qui existent. La figure 3 présente la répartition spatiale des AEV et des BF dans la Commune.



**Figure 3.** Répartition spatiale des AEV et des BF dans la commune d'Avrancou

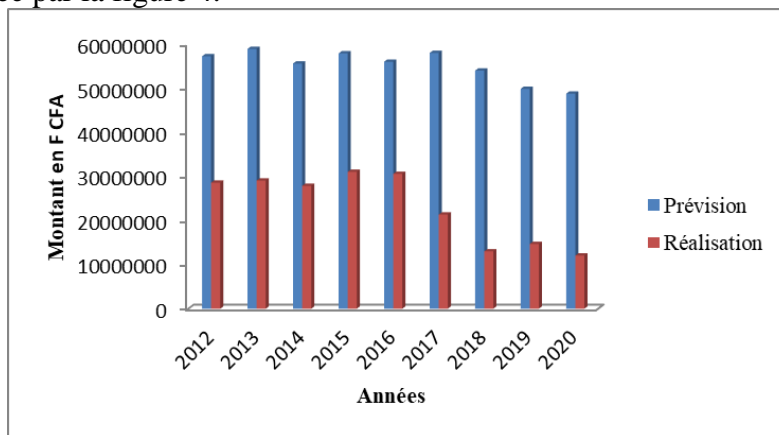
Il ressort de l'analyse de la figure 3 que 2 AEV sont fonctionnelles sur les 7 AEV que dispose la Commune. Seuls les arrondissements de Gbozounmè et de Sado disposent chacun d'une AEV fonctionnelle. Sur les 124 Bornes Fontaines (BF), seulement 41 BF sont fonctionnelles, à raison de 11 BF dans l'arrondissement de Gbozounmè et 30 BF dans l'arrondissement de Sado. Ces BF sont des points d'eau publics qui permettent la distribution des eaux des AEV. L'inégale répartition et le statut non fonctionnel de certaines infrastructures hydrauliques dans la commune créent des problèmes d'accessibilité. Seulement 22,60 % des ménages enquêtés utilisent l'eau des Bornes Fontaines dans les activités domestiques.

### 3.2. Gestion des infrastructures hydrauliques dans la Commune

La gestion des ouvrages hydrauliques (Adductions d'Eau Villageoises et forages) permet la mobilisation des ressources pour le financement du développement local dans la commune. Selon les enquêtes de terrain, le mode de gestion des Adductions d'Eau Villageoises (AEV) dans la Commune jusqu'en 2008 est la régie autonome, qui est dotée de l'autonomie financière et dispose d'un organe de gestion individualisée. Les AEV sont gérées par trois catégories d'acteurs : les Associations de Développement Villageois, le comité de gestion et l'exploitant. A ces acteurs, sont associés les gestionnaires

des bornes fontaines. Les forages étaient gérés par un comité mis en place par les populations en collaboration avec la direction générale de l'hydraulique.

A partir de 2009, les autorités communales ont adopté la gestion déléguée des ouvrages hydrauliques. Ainsi, les AEV sont exploitées par le fermier (l'entreprise déléguée à la gestion) qui doit verser une redevance mensuelle à la Commune. Cette redevance est de 30 F/m<sup>3</sup> d'eau produite. L'AEV de Gbozounmè est gérée par le fermier CORPORET et celle de Sado est gérée par le fermier LIBRACEL. Dans la Commune, il a été dénombré 150 branchements privés au réseau de distribution d'eau des AEV. Ces ménages abonnés payent 300 F/m<sup>3</sup> d'eau. Les forages sont gérés par un gestionnaire qui est choisi au sein de la population par la communauté sous la supervision des autorités communales. Il assure la vente de l'eau et l'entretien de l'ouvrage. Les gestionnaires des forages versent une somme de 4000 F par mois dans le compte de la mairie. En cas de panne, seuls les artisans réparateurs de la commune ont le droit d'intervenir sur les forages. L'évolution des recettes issues de la gestion des infrastructures hydrauliques dans la Commune est présentée par la figure 4.



Source des données. Comptes administratifs de la Commune

Figure 4. Evolution des recettes annuelles du secteur de l'eau de 2012 à 2020

L'analyse de la figure 4 montre que les recettes collectées dans le secteur de l'eau ont connu une diminution de 2012 à 2020. La baisse remarquable des recettes s'explique par la mauvaise gestion des infrastructures. En effet, en cas de panne, les infrastructures hydrauliques sont abandonnées. Selon les personnes interrogées, l'abandon des infrastructures hydrauliques en pannes s'explique par le manque de suivi de la mairie (68,70 % des enquêtés) et le non respect du contrat par les délégataires des forages et bornes fontaines (31,30 % des enquêtés).

Pour les gestionnaires, la non réparation des ouvrages hydrauliques en pannes à temps est souvent dû au manque de moyens financiers, à l'absence de main d'œuvre qualifiée sur place et à l'indisponibilité à proximité des



pièces de rechange. Pour eux, le prix de vente de l'eau ne leur permet pas de faire face à toutes les dépenses liées à la gestion des ouvrages hydrauliques et de prendre encore en charge les pannes qui nécessitent souvent de gros moyens financiers. En effet, la gestion déléguée implique chez le contractant des dépenses régulières notamment les salaires des employés, la redevance de la Mairie et l'entretien des points d'eau. Dès lors, il est récurrent de constater la démission des délégataires et le non-respect des contrats d'affermage. A ces problèmes s'ajoute le manque de suivi de la mairie. Dans la Commune, seulement 2 AEV sont fonctionnelles sur les 7 réalisées et 42 forages fonctionnels sur les 177 forages réalisés. Cet état de chose crée de profondes disparités en infrastructures hydrauliques dans la Commune.

### 3.3. Analyse de l'accessibilité aux infrastructures hydrauliques dans la Commune

#### ✓ Accessibilité selon la distance établie par l'OMS

L'accès de la population à l'eau ou à une source d'approvisionnement en eau fonctionnelle dépend de deux critères essentiels. La distance et la quantité. La distance qui sépare un ménage ou un village d'un point d'eau varie en fonction de l'éloignement du village et de l'emplacement de la source. Cette accessibilité de la population aux points d'eau selon la distance proposée par l'OMS (200 m) est présentée par la figure 5.

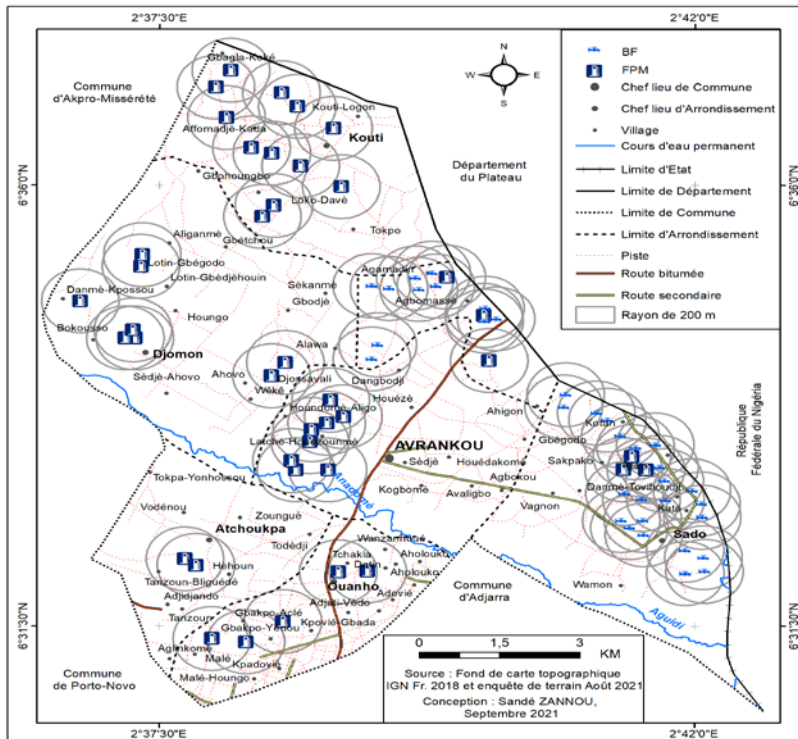
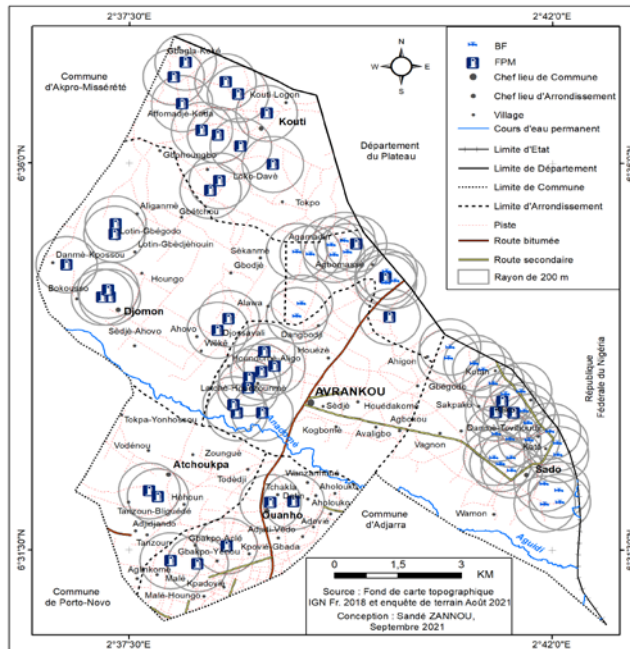


Figure 5. Accessibilité des points d'eau dans la Commune

Il ressort de l'analyse de la figure 5 que sur les 84 villages de la commune, seulement 39 villages ont accès aux points d'eau fonctionnels soit 46,42 %. Il faut dire que certains villages ont accès, d'autres ont doublement accès pendant que d'autres n'ont pas du tout accès. En effet, dans l'arrondissement de Kouti, tous les villages ont accès aux points d'eau sauf le village de Tokpo. Seuls les villages de Kouti-Lognon et Gbegla-Koké ont accès à un point d'eau chacun, alors que les villages de Loko-Davè, Affomadjà-Kada et Kouti ont doublement accès aux points de FPM. Les villages Lotin-Gbegodo, Bokouso, Djomon Gbéchéou (double accès), Aligamè, Lotin-Gbèdjèhouin et Danmè-Kpoussou ont tous accès à au moins une source d'approvisionnement en eau dans l'arrondissement de Djomon. A Gbozoumè, tous les villages (Ahignon, Agamadin et Agbomassè) ont doublement accès aux BF et FPM dans l'arrondissement. Dans l'arrondissement d'Avrankou, les villages Latché-Houézoumè, Houndomè-Aligo et Dangbodji ont doublement accès aux sources d'eau que sont les FPM et les BF. Sur les 9 villages de l'arrondissement de Sado, seulement 03 villages n'ont pas accès aux sources d'eau. Les villages de Danmè-Tovihoudji, Sado, Sakpako, Kiliko, Katé et Kotan ont doublement accès aux sources d'eau. Les villages ayant accès aux points d'eau dans l'arrondissement d'Atchoukpa ont tous doublement accès aux points de FPM, sauf le village de Héhou qui a accès à un seul point d'eau. Enfin, à Ouanho ce sont les villages de Ouanho et Tchakla qui ont doublement accès aux sources d'eau dans l'arrondissement. Il se pose un grand problème d'accessibilité à l'eau pour certaines localités sur la distance parcourue selon l'OMS.

La distance d'accessibilité (200 m) proposée par l'OMS appliquée aux infrastructures hydrauliques non fonctionnelles a permis d'identifier les villages qui auront accès si ces infrastructures fonctionnaient. La figure 6 présente l'accessibilité des infrastructures non fonctionnelles dans la Commune.



**Figure 6.** Accessibilité des villages aux infrastructures hydrauliques non fonctionnelles

Au total, sur les 84 villages de la commune, 45 villages pourraient avoir accès aux points d'eau non fonctionnels s'ils fonctionnaient soit 53,57 % des villages. Par contre, même si ces points sont réparés et fonctionnaient, 15 villages n'auront pas toujours accès aux points d'eau. Ces villages sont Gbétchou, Sékanmè, Gbodjè, Houngo, Sèdjè-Ahovo, Houéziè, Tokpa-Yohoussou, Zoungouè, Agbokou, Vagnon, Danmè-Tovihoudji, Wamon, Aholouko, Adovié, Adjati-Vèdo, Kpadovié et Malé-Houngo. Ce qui suppose non seulement qu'il faut réparer les points d'eau non fonctionnels, abandonnés mais également construire des ouvrages hydrauliques dans ces villages pour une couverture totale de la Commune.

✓ **Accessibilité selon l'effectif de la population de chaque arrondissement**

Les tableaux 1 et 2 présentent la répartition du nombre des points d'eau fonctionnels et non fonctionnels en fonction de l'effectif de la population. Ceci a permis de faire l'analyse de l'accessibilité selon l'effectif de la population et par arrondissement en considérant que 250 habitants ont droit à 1 point d'eau.



**Tableau 1.** Accessibilité de la population par arrondissement

Arrondissement	Population 2019	Nombre total de point d'eau	Point d'eau fonctionnel	Manquant total	Manquant fonctionnel	Manquant non fonctionnel
Atchoukpa	23 323	29	2	93	91	66
Avrankou	15 179	31	8	61	53	30
Djomon	16 981	80	8	68	60	+ 4
Gbozounmè	7 220	32	15	29	14	12
Kouti	15 200	62	12	60	48	+ 2
Ouanho	10 385	22	5	42	37	20
Sado	6 363	45	33	25	+8	13
<b>Total</b>	<b>94 651</b>	<b>301</b>	<b>83</b>	<b>378</b>	-	-

**Source:** Travaux de terrain, novembre 2020

Il ressort de l'examen du tableau 1 que les infrastructures hydrauliques sont inégalement réparties dans la Commune. L'arrondissement de Atchoukpa compte 23 323 habitants, pour les couvrir en point d'eau, il faut réaliser 91 points d'eau si on considérait les 2 fonctionnels et il faut 66 points d'eau si on répare les 27 non fonctionnels. Pour couvrir la population de l'arrondissement de Avrankou qui est estimée à 15 179 habitants, il faut compléter 53 points d'eau aux 8 fonctionnels et disponibles et 30 points d'eau si les 23 non fonctionnels sont réparés. Quant à l'arrondissement de Djomon qui compte 80 points d'eau dont 08 sont fonctionnels, les 16981 habitants auront besoin de 60 points d'eau complémentaires en tenant compte des points fonctionnels et ils auront un surplus de 4 points d'eau si les 78 non fonctionnels sont réparés. A Gbozounmè, 32 points d'eau sont disponibles dont 15 sont fonctionnels. Les 7220 habitants auront besoins au total de 29 points d'eau de plus (14 points d'eau complémentaires en considérant les fonctionnels et 12 points d'eau si les non fonctionnels sont réparés). A Kouti, 62 points d'eau sont disponibles et 12 fonctionnent. Pour couvrir la population (15 200 habitants), il faut au total 60 points d'eau complémentaires (48 points d'eau complémentaires pour les fonctionnels et 2 de surplus si on répare les non fonctionnels). L'arrondissement de Ouanho dispose de 22 points d'eau dont 5 seulement fonctionnent. Pour couvrir la population de cet arrondissement qui est estimée à 10 385 habitants, il faut un complément de 42 points d'eau aux 5 points d'eau fonctionnels et 37 points d'eau si on répare les non fonctionnels. Sado compte 6 363 habitants avec 45 points d'eau dont 33 fonctionnent. A ce niveau, il y a un surplus de 8 points d'eau si on considérait les points d'eau fonctionnels et 13 si on répare les non fonctionnels. Le tableau 2 présente le nombre de personnes ayant accès aux points d'eau par arrondissement

**Tableau 2.** Accessibilité de la population par arrondissement

Arrondissements	Population 2019	Point d'eau fonctionnel	Nombre d'habitants ayant accès	Nombre d'habitants n'ayant pas accès
Atchoukpa	23 323	2	500	22823
Avrankou	15 179	8	2000	13179
Djomon	16 981	8	2000	14981
Gbozounmè	7 220	15	3750	3470
Kouti	15 200	12	3000	12200
Ouanho	10 385	5	1250	9135
Sado	6 363	33	8250	-
Total	94 651	83	20 750	-

**Source:** Travaux de terrain, novembre à décembre 2020

L'examen du tableau 2 montre que le problème lié à l'accès aux points d'eau de consommation se pose avec acuité dans la Commune de Avrankou. Sur les 94 651 habitants que compte la Commune en 2019, seulement 20 750 habitants ont accès à une infrastructure hydraulique. Dans l'arrondissement de Sado, 8 250 habitants ont accès aux points d'eau. Le problème de couverture en termes du nombre d'habitants ne se pose pas dans cet arrondissement. La situation est préoccupante dans les autres arrondissements de la Commune.

Pour palier aux problèmes d'eau dans la Commune, les populations réalisent elles-mêmes des postes d'eau autonomes (PEA). Il s'agit des ouvrages d'alimentation en eau comprenant un puits ou un forage et un système de pompage motorisé dont la pompe est entraînée par une source d'énergie électrique, un petit château et une pompe de robinets de distribution situés à proximité immédiate du forage ou du puits. A ces PEA, s'ajoutent aussi des puits traditionnels et semi-modernes qui constituent les infrastructures hydrauliques privées et personnelles rencontrées dans la Commune d'Avrankou.

#### 4. DISCUSSION

Les résultats de cette recherche montrent que les points d'eau fonctionnels ne couvrent pas toute la Commune. Ils sont inégalement répartis dans tous les arrondissements de la Commune. Sur l'ensemble de ces points d'eau fonctionnels, seulement 28 villages sur 84 en ont accès et parmi eux, 42,85 % ont doublement accès alors que 41 villages n'ont pas du tout accès. Cette inégale répartition a été signalée par GVP/AO (2009, p.12) au Niger dans le projet d'évaluation de la gouvernance de l'eau. Ces résultats s'apparentent également à ceux obtenus par B. Egounlety (2008, p. 22) qui en appliquant l'approche GIRE à la gestion des ressources en eau à l'échelle de la Commune de Zè, a diagnostiqué entre autres problèmes le caractère inéquitable des installations d'ouvrages en eau d'un arrondissement à un autre. Cette répartition inéquitable des infrastructures hydrauliques a été constatée

par R. Bah-Agba (2014, p.39) dans son étude sur la gouvernance locale et l'approvisionnement en eau potable dans la Commune de Tchaourou.

En plus de l'inégale répartition des ouvrages, la gouvernance locale du secteur laisse entrevoir une disparité dans l'accessibilité des populations. En effet, des villages comme Loko-Davè, Gbétchou, Agbomassè, Vagnon, Vodénou et Hèhoun ont doublement accès aux points d'eau dans la Commune alors que d'autres villages n'ont accès à aucun ouvrage. Ainsi, il est noté la présence de plusieurs infrastructures hydraulique au même endroit. Ceci traduit la faiblesse de la gouvernance de l'eau dans cette Commune. Ces résultats confirment ceux présentés par D. Aholou-Houngnadj (2018, p.47) qui a montré que certains villages de la Commune de Adjohoun ont accès à plusieurs points d'eau potable à la fois pendant que d'autres en manquent. De même, ces résultats sont similaires à ceux obtenus par A. C. Adomou (2008, p.62) qui a mené une étude sur la décentralisation et la gouvernance de l'eau dans la Commune de Toffo. Il a montré que l'implantation des infrastructures hydrauliques ne tient pas compte du poids démographique et des pesanteurs sociologiques et culturelles. De plus chaque infrastructure, à Avrankou, devra supporter en moyenne 1 140 habitants alors que, pour sa durabilité il lui faut supporter 250 habitants. Cette surexploitation explique les pannes répétées des infrastructures hydrauliques selon F. Kpohonsito (2007, p.53).

Les modes de gestion de ces ouvrages dans le secteur de recherche sont entre autres l'affermage et la gestion délégataire. Ces modes de gestion ont été mis en place dans toutes les Communes du Bénin d'après le MDAEP (2013, p.48) et ils impliquent plusieurs acteurs comme la mairie, les chefs d'arrondissement et la population. Le rôle déterminant de ces acteurs dans la gestion de l'eau a été également souligné par B. Hounmènou (2006, p.18). Mais contrairement à ces travaux, cette recherche met en exergue la défaillance des modes de gestion des ouvrages hydrauliques ainsi que l'absence des outils de planification spatiale de ces ouvrages comme étant les principales failles de la gouvernance locale qui affectent l'accessibilité à l'eau. Des résultats similaires ont été obtenus par R. Bah-Agba (2014, p.65) qui a montré que le non respect des contrats par les fermiers et l'absence d'un mécanisme de contrôle et de suivi dans la Commune de Tchaourou expliquent l'abandon des ouvrages hydrauliques en pannes. Par ailleurs, S. C. Hounguevou *et al.*, (2014, p.226) ont montré que l'absence d'outil spatial dans la distribution des infrastructures hydrauliques est un grand facteur limitant l'accès à l'eau de consommation dans la Commune de Zè.

## **Conclusion**

La présente recherche a présenté la problématique liée à la gouvernance et à l'accessibilité des infrastructures hydrauliques dans la Commune d'Avrankou. Elle a montré que la Commune dispose de 301

infrastructures hydrauliques dont 83 fonctionnelles et 218 non fonctionnelles. De tout ce qui précède, l'on peut dire qu'il y a une défaillance dans la gouvernance locale des ouvrages hydrauliques, gérées par affermage pour certains et délégation communautaire pour d'autres. Cette défaillance notée dans les modes de gestion explique l'abandon de plusieurs ouvrages hydrauliques en pannes. Aussi, la disparité dans la répartition des ouvrages hydrauliques est-elle imputable à l'inexistence de véritables outils de planification et de gestion. Dès lors, il paraît plus que nécessaire que les autorités communales repensent la gouvernance du secteur de l'eau afin de combler véritablement les attentes liées à cette compétence à elles transférée à l'occasion de la décentralisation.

### References:

1. Adomou, A. C. (2008). Décentralisation Et Gouvernance De L'eau En Milieu Rural Au Bénin : Cas De La Commune De Toffo, Département De L'atlantique. Diplôme D'etude Supérieure Spécialisée, Iub, Bénin, 80 P.
2. Aholou-Houngniadji, D. (2018). Gouvernance Locale Et Gestion Des Infrastructures Hydrauliques Dans La Commune D'adjahoun. Mémoire De Maîtrise De Géographie, Dgat/Flash/Uac, Bénin, 88 P.
3. Azonsi, F. (2009). Processus De Gestion Intégrée Des Ressources En Eau Au Bénin. Rapport D'atelier Sur La Gire, 21 P.
4. Bah-Agba, R. (2014). Gouvernance Locale Et Approvisionnement En Eau Potable Dans Les Milieux Ruraux Au Bénin: Cas De La Commune De Tchaourou. Mémoire De Maîtrise En Géographie, Université Du Québec À Rimouski, 193 P.
5. Baron, C. Et Bonnassieux, A. (2008). Accessibilité Aux Ressources En Eau Et Participation Des Acteurs Locaux : Quelles Réponses Faces Aux Enjeux De Durabilité Cas Des Associations D'usagers De L'eau Au Sud-Ouest Du Burkina-Faso. Journées Du Développement Du Gres, Burkina-Faso, 23 P
6. Boko, S. W. (2009). Gestion Communautaire Des Ressources En Eau Et Conflits D'usage Dans La Basse Vallée De L 'Ouémé. Diplôme D'etude Supérieure Spécialisée, Uac, Bénin, 62 P.
7. Egounlety, B. (2008). L'approche Gire Appliquée À La Gestion Des Ouvrages D'eau Potable À L'échelle Communale Dans Les Communes De Zè. Rapport De Formation, Niaouli, Bénin, 37 P.
8. Gvp/Ao, (2009). Evaluation De La Gouvernance De L'eau Au Niger. Rapport, 57 P.
9. Houguevou, S. C. ; Tohozin, C. A. ; Soumah, M. Et Toko Mouhamadou, I. (2014). Sig Et Distribution Spatiale Des

- Infrastructures Hydrauliques Dans La Commune De Zè Au Bénin. In Afrique Science, Issn 1813-548x, Pp. 213-227.
10. Hounmenou, B. (2006). Gouvernance De L'eau Potable Et Dynamique Locale En Zone Rurale Au Bénin. [Http://Journals.Penedition.Org/Développementdurable/1763](http://Journals.Penedition.Org/Développementdurable/1763) ; Doi, 29 P.
  11. Insaë, (2020). Synthèses Des Résultats Et Estimation De La Population. Cotonou, Bénin, 41 P.
  12. Kpohonsito, F. (2007). La Gestion Communale Des Ouvrages D'approvisionnement En Eau Potable En Milieu Rural Au Bénin : Cas De La Commune De Bopa. Mémoire De Maîtrise En Géographie, Dgat/Flash/Uac, Bénin, 94 P.
  13. Mdaep, (2013) Accès À L'eau Portable Et À L'assainissement De Base. Rapport De Stratégies, Bénin, 112 P.
  14. Odoulami, L. ; Boko, M. Et Togouet, Z. (2012). Assainissement Et Approvisionnement En Eau Potable Dans La Ville De Cotonou (Bénin, Afrique De L'ouest). In Acte Du 3<sup>ème</sup> Colloque Des Sciences, Cultures Et Technologies De L'uac-Bénin, Issn : 1840-5851, Pp. 567-578.
  15. Oms, (1992). Evaluation Des Eaux De Surface Dans Les Communautés À Faibles Revenus. Ed. O. M. D. L. Santé, Genève, 97 P.
  16. Schwartz, D. (1995). Méthodes Statistiques. Paris, 4 Ème Édition Flammarion, 318 P.
  17. Solidarité Internationale, (2020). Etat Des Lieux D'une Ressource Vitale : Défis Et Solutions. Baromètre 2020 De L'eau, De L'hygiène Et De L'assainissement. 6<sup>e</sup> Édition, 55 P.

## Compact Spinning in Cotton-based Core-spun Yarn: A Review

*Md Ehsanur Rashid,*

Bangladesh University of Textiles, Bangladesh.

*Raihan Ul Haque,*

Bangladesh University of Textiles, Bangladesh.

*Md. Rubel Khan, Assistant Professor,*

Department of Yarn Engineering,

Bangladesh University of Textiles, Bangladesh

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p287](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p287)

Submitted: 18 June 2020

Accepted: 12 October 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Rashid E., Ul Haque R. & Khan R. (2021). *Compact Spinning in Cotton-based Core-spun Yarn: A Review*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 287.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p287>

### Abstract

In today's world, textile outfits are chosen not only for their functional properties but also for their comfort. As cotton is synonymous with comfort in textile industries, cotton-based core-spun yarn is becoming increasingly popular day by day, where the core element satisfies the functional properties and the cotton sheath provides a good hand feel and comfort. At the beginning of the twenty-first century, researchers developed a new spinning modification known as the compact spinning system to improve yarn quality. In cotton-based compact core-spun yarn, reduced hairiness, unevenness (U%), thick place, thin place, neps, and increased strength are achieved. This will also lead to significant abrasion and piling resistance, higher air permeability, lower thermal resistance, and higher Relative Water Vapor Permeability (RWVP). This review paper illustrates the advantages of spinning cotton-based core-spun yarn in the compact spinning system.

**Mots clés:** Cotton, Comfort, Core-Spun Yarn, Compact Spinning, Hairiness, Spinning Triangle

## Introduction

Core spun yarns have a structure in which one of the constituents, usually a mono or multifilament synthetic filament, is shielded by another part, the staple fiber sheath (Alsaid Ahmed Almetwally, 2014; Babaarslan, 2001; H. Helali, Babay, 2012; Kumar, 2014; Yang, 2009). The majority of core-spun yarns are made on ring and friction spinning machines. Ring spinning has been prioritized over other spinning technologies, howbeit friction spinning has also been portrayed as quite effective, despite the major drawbacks of false-twisted core material and poor core-sheath spillage resistance (Harper, 1986; H. J. Kim, Yang, 2009; Ruppenicker, 1989). The primary aspect of using core-spun yarn is to reap the benefits from each of its components' features. The process of manufacturing core-spun yarn is very straightforward, and core and cover materials can be chosen from a variety of fibers with predetermined end uses.

Clothing comfort is characterized as a comfortable state arising from physiological, psychological, and physical harmony between a human being and the environment, which is a fundamental and universal need for consumers (Raj & Sreenivasan, 2009). Clothing comfort is usually divided into three groups in the literature: (a) aesthetic comfort, (b) thermo-physiological comfort, and (c) tactile comfort (Yoon, 1984). Customer tastes are influenced by subjective emotions and fashion trends, which affect aesthetic appeal or psychological comfort. Thermo-physiological comfort, on the other hand, refers to the fabric's ability to sustain thermal equilibrium between the human body and the environment. The mechanical contact between the clothing material and the human body is connected to tactile comfort. The fabric tactile properties have long been assessed using a subjective approach known as fabric handle (Kawabata & Niwa, 1989, 1991), but a recent study shows that friction plays a significant role in the hand of fabrics (Ramkumar, 2000). Hence, the true quality of apparel fabrics will be dictated by the Hand value combined with the weighed transport properties.

Cotton is undoubtedly responsible for moisture absorption, heat resistance, air permeability (H. J. Kim, Yang, 2009; Ruppenicker, 1989) as well as hairiness, unevenness, and other characteristics when a mixture of cotton and any filament is used (Erez & Çelik, 2014; Hua, 2018). On the other hand, the filament has strong tensile properties (Matsumoto, 1990; Merati, 2012). Thermal behavior, moisture vapor interaction, surface characteristics, and other fabric characteristics all affect clothing comfort (B. K. Behera, 1997; A. Das, 2007; B. Das, 2007, 2009; Oğulata, 2007).

So, if we can improve the moisture absorption, heat resistance, air permeability, hairiness, unevenness, and other characteristics of cotton by different spinning techniques, we can improve the comfort of clothing.



## Discussion

Core yarns are becoming increasingly popular as a result of the combination of two distinct material properties in a single yarn. Thousands of studies on core-spun yarn and fabric manufactured from it can be found in the literature, demonstrating its significance in the textile industry. Researchers have used lycra, dorlastan, spandex, T400 (elastic fiber), and Elastane to enhance the stretchability and elongation property (Adeli, 2011; Bedez Ute, 2019; H. Helali, Babay Dhouib, 2012; Kadoğlu, 2016; Kakvan, 2007; Su, 2020; Yanhong, 2019), polyester, nylon, and kevlar to improve rigidity and high strength (Ferreira, 2004; Gharehaghaji, 2007; M. Miao, 2010; Shanbeh, 2011), and Polyvinyl acetate (PVA) to produce hollow yarn because it is soluble in boiling water (A. Das, 2004; Javazmi, 2014), copper, stainless steel, and carbon fiber (CF) to generate conductive yarn and fabric (Lou, 2005; Yuan, 2019; Zaidi, 2018). Researchers employed several natural fibers (Chakraborty & Chatterjee, 1994; Dang, 2008; Doran & Sahin, 2020) such as cotton, wool, and silk to take advantage of their inherent properties. For example, wool and silk are good thermal insulators, whereas cotton is breathable, absorbent, and lightweight, increasing comfort. Different man-made synthetic fibers, such as nylon, polyester, polypropylene, and acrylic, are also used by researchers (Bar , 2018; du , 2015; Menghe Miao, 1996; Pourahmad & Johari, 2009) for their quick-dry ability, durability, colorfastness, and strength. When it comes to the comfort criteria of fabrics, cotton outperforms all other fibers. After over four decades of experimenting with synthetics, most people would agree that there is no comparison to cotton in terms of comfort, even though synthetics may be more long-lasting and have a better aesthetic look. Cotton, as a natural fiber, has basic fiber properties that are innately heterogeneous. It is the most prevalent natural fiber used in the textile industry, so using cotton as a sheath material in the core-spun yarn is becoming more prominent. Furthermore, because of its good core coverage, 100% cotton sheath provides excellent aesthetics, absorbency, and thus comfort, as well as crucial substrate properties, particularly in the application of special chemical finishes and adhesives (Sawhney & Ruppenicker, 1997). Cotton-based core-spun yarn can be classified into three categories such as (a) cotton-based elastane core-spun yarn (b) cotton-based rigid core-spun yarn (c) cotton-based conductive core-spun yarn.

Lycra, Dorlastan, Spandex, T400 (elastic fiber), and other elastic synthetic fibers are used in cotton-based core-spun yarn (Akankwasa, 2016; Bouhjar , 2012; Choi & Kim, 2004; H. Helali, Babay Dhouib, 2012; Houda Helali, 2013; Jaouachi, 2011) (Gorjanc & Bizjak, 2014; Sinha, 2017). These elastic fibers have such a polyurethane polymer chain that allows them to stretch between 400 and 800% Since elastic synthetic fibers are used as the core element, the fabric produced from these yarns possesses high elasticity



and elastic recovery (Gazi Ortlek & Ulku, 2007; H, 2013; Wang, 2016), as well as dimension stability (Ertaş, 2016; B. Qadir, 2014; Sitotaw, 2018), which lessens bagging deformation in fabrics (Herath & Kang, 2008; Hyun, 1997; Jabbar, 2020). Cotton elastane core yarn fabrics are becoming more common in denim fabric (Stretch, Super stretch) thanks to the above-mentioned properties (Realff, 2015; Şengöz, 2004). Cotton elastane yarns are used to create knitted (Ertaş, 2016; M. B. Qadir, 2020) (Single Jersey, Rib, Interlock), and woven (Gokarneshan & Thangamani, 2010; Oparin, 2010; Sitotaw, 2018) fabrics. Leisurewear, hosiery, and underwear are produced from these fabrics (Kaynak, 2017; B. Qadir, 2014).

Nylon, Polyester, PVA, Dyneema, and other rigid synthetic fibers are used in cotton-based core-spun yarn (Jeddi, 1997; H. J. Kim, Kim, 2009; Merati, 1998; Merati & Okamura, 2001, 2003; Naeem, 2019; Sawhney & Ruppenicker, 1997). These rigid fibers are used to enhance the yarn's strength, while the cotton sheath provides excellent comfort (Harper, 1986; Pramanik & Patil, 2009; Radhakrishnaiah & Sawhney, 1996; Ruppenicker, 1989; Sawhney, 1989; Sawhney, Robert, 1992). These yarns are now used to make non-stretch denim (Ertaş, 2016; Sarioğlu & Babaarslan, 2017), knitted (su, 2007), and woven fabrics (Harper & Ruppenicker, 1987; Radhakrishnaiah, 1993; Sawhney, Harper, Robert, 1991; Sawhney, Harper, Ruppenicker, 1991). These types of yarn are used to produce sewing threads and protective cloths (Military fabric, Military Tent, Abrasive drill fabrics) that demand substantial strength to function accurately (Sawhney, Ruppenicker, 1992). US Army Tents are built of cotton-based Dyneema core-spun yarn fabrics (Sawhney & Ruppenicker, 1997). High abrasive fabrics that are industrial abrasive cloth, are heavy duty and used as foundation cloth in industries (Sawhney & Ruppenicker, 1997).

Cotton-based electrically conductive yarns can be produced using conductive elements as a core, such as stainless steel (Perumalraj, 2009; Perumalraj & Dasaradan, 2009, 2010; Ramachandran & Vigneswaran, 2009), copper (Yu, 2017), and so on. Another method is to treat textiles with conductive materials including carbon nanotube (CNT) (Sun, 2016; Wang, 2016). Because of the better characteristics of conductive polymers, thermal expansion, density, and chemical (corrosion and oxidation resistance) properties, these textiles are used to shield and restrict Electromagnetic Interference (EMI) and Electrostatic Discharge (ESD) (Chen & Tsai, 1989; Hoeft & Tokarsky, 2000; Perumalraj & Dasaradan, 2009). These electrically conductive yarns are used to build knitted and woven fabrics that are used in military, medical, telecommunication, and health care apparel, as well as power cloth (Ramachandran & Vigneswaran, 2009; Yu, 2017). These fabrics are also used to protect household appliances, FM/AM radio broadcast sets,

wireless phones, cellular phones, computers, buildings, secret rooms, and a variety of electronic equipment (Perumalraj, 2009).

All of these cotton-based core-spun yarns and fabrics are primarily designed for functional purposes with little regard for hand feel and comfort, as well as how the consumer feels when using those products manufactured from them. Since the beginning of the twenty-first century, researchers have been emphasizing comfort properties alongside functional properties, and they have been attempting to develop new techniques or methods to enhance the comfortability of fabric, as buyers and consumers have prioritized good comfort and hand feel property. One significant advancement is known as compact spinning. Compact spinning is a ring spinning phenomenon that reduces the spinning triangle to minimize yarn hairiness and help boost yarn tenacity (Fu, 2021; Jiang, 2012; Krifa & Ethridge, 2006; Regar, 2017; T. Siddiqua, M. A. Reza, and H. Altaf, 2019). The primary distinction in the compact spinning system is that the drawing section of the compact spinning machine ends with a condensation zone, which facilitates the minimization of the spinning triangle (Abou-Nassif, 2014; Basal & Oxenham, 2006; Beceren & Nergis, 2008; Elite & Gmbh, 2019; Jiang, 2012; Liu, 2019; Loganathan, n.d.; M. A. Shahid, M. D. Hossain, M. N. U. Hasan, and M. A. Islam, 2014; Ma, 2012; Messiry, 2013; Ramakrishnan, 2006; Taylor, Liu, 2014; Yilmaz, 2013). Yarn tenacity, number of twists, hairiness, Imperfection Index (IPI), Yarn diameter, Packing density (Gokarneshan, 2005; Raja, 2012; Taylor, Raja, 2014), etc. are affected by compact spinning (Tyagi, Bhowmick, 2010).

### **Advantages of Compact Spinning**

#### **Low Twist, Higher Yarn Strength, Higher Production Rate**

Table 1 demonstrates that introducing a low amount of twist results in an increased yarn strength. Compact spinning eliminates the spinning triangle, enabling more short fibers to participate in yarn construction, leading to higher yarn strength and lower twist insertion as a result the output rate increases (F. Göktepe, D. Yilmaz, and Ö. Göktepe, 2015; Józkwicz & Drobina, 2010; Özdil, 2005; T. N. Shaikh, R. Radadiya, and A. Rawal, 2017) as a low twist is applied (Abou-Nassif, 2014; Ahmad, 2009; El-Sayed & Sanad, 2007, 2010; Taylor, 2012; Wu, 2009).

#### **Reduced Hairiness, Unevenness, Thin Place, Thick Place**

Table 1 illustrates that compact yarn shows a downward trend compared to ring yarn in hairiness, unevenness, thin place, thick place. The spinning triangle is eliminated in compact spinning, and as a result, protruding short fibers participate in forming yarn that does not engage in the conventional ring system. And because of that, hairiness, unevenness (  $U\%$ ,  $CV\%$  ), thin place, thick place, and neps are significantly lowered when

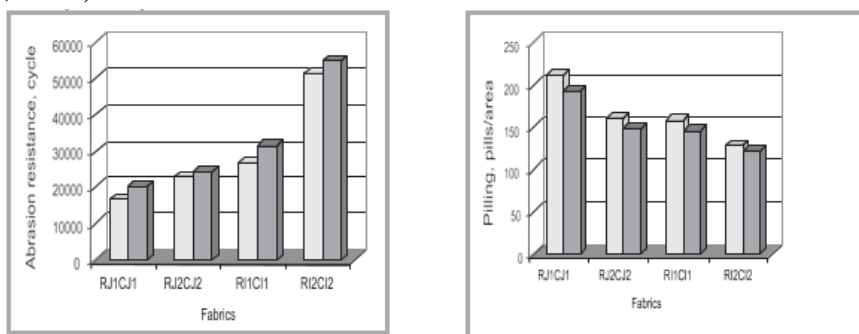
compared to conventional ring yarn (Alsaid Ahmed Almetwally, 2015; Dash, 2002; H. A. Kim & Kim, 2018; M. Krifa, E. Hequest, and D. Ethridge, 2002; Mamun, 2017; Murugan & Shenmugam, 2021; Nikolić, 2003; Özgüney, 2008; P. Çelik, and H. Kadoğlu, 2004; Suzan, 2011; Uddin & Jalil, 2015; Zou, 2011).

	30 Ne	40 Ne	30 Ne	40 Ne
Twist, turns/m	820	924	750	846
Tenacity, cN/tex	17.3 1	16.0 8	20.5 4	18.81
Breaking elongation, %	4.68	4.6	4.8 2	4.92
Hairiness (Uster), H	5.79	5.7	5.0 4	4.36
Unevenness (Uster), % U	9.15	9.97	8.9	9.73
Thin places (50%), km	0	1.2	0	1 2
Thick places (+ 50 %), km	7	9.4	4	10.4

**Table 1.** Properties of different count's yarn (Akaydin, 2009).

### Better Abrasion and Pilling Performance

Pilling and Abrasion curve in Figure1 indicates better performance for compact fabric. The compact fabric has better abrasion resistance and pilling resistance because of the yarn's low hairiness and compact structure (Akaydin & Can, 2010; Barzoki, 2017; G. Manonmani, C. Vigneswaran, K. Chandrasekaran, and T. Ramachandran, 2013; Jackowski & Cyniak, 2004; Manonmani, 2010; Omeroglu & Ulku, 2007; Özdil, 2005; Özgüney, 2008; Ozturk & Nergis, 2008; Sowrov & Ahmed, 2014; Tyagi, Bhowmick, 2010; Wan, 2014).

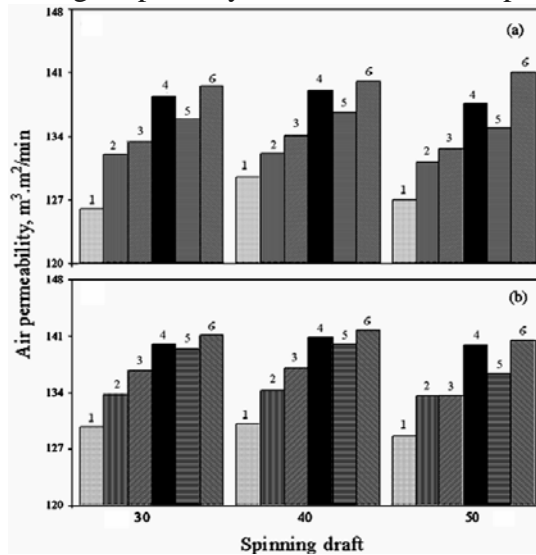


RJ1, RJ2, RI1, RI2- Fabric Produced from Ring Yarn  
 CJ1, CJ2, CI1, CI2 – Fabric Produced from Ring Yarn

**Figure 1.** Pilling and Abrasion Resistance of compact fabric (Akaydin & Can, 2010)

### Higher Air Permeability

Fabric made from compact yarn has greater air permeability (Ali & Nassif, 2017; Alsaid A Almetwally & Salem, 2010; Taylor, 2011), Figure 2 shows that the compact fabric has greater air permeability than the ring. This is largely attributable to the compactness of the yarn, which decreases the yarn diameter (Altas & Kadoğlu, 2012; Dash, 2002; Ishtiaque, 2009; Yilmaz, 2007) and yarn hairiness (Altas & Kadoğlu, 2012; Bijoya Kumar Behera, 2020; Divya, 2016; Elmogahzy, 2006; Eng, 2013; Haleem & Wang, 2015; Hasan, 2016; Tyagi, Bhattacharyya, 2010a; Z. Xia, X. Wang, W. Ye, and W. Xu, 2015), resulting in a higher porosity of the fabric in compact fabric.

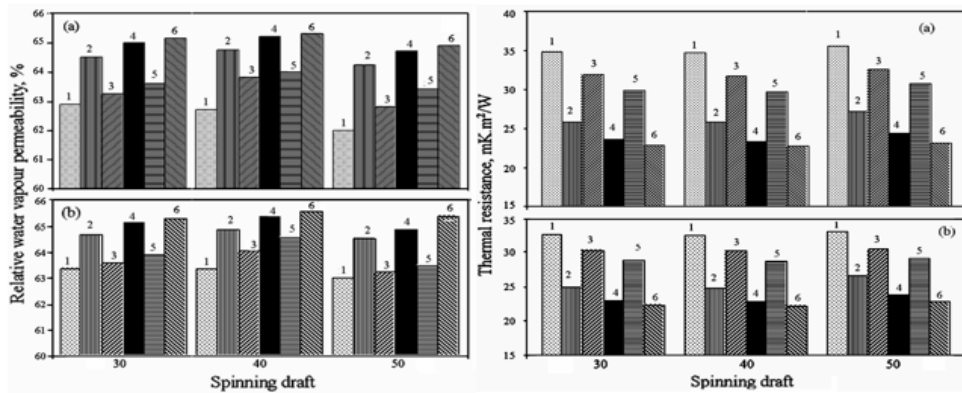


1,3,5 – Fabric Produced from Ring Yarn.

2,4,6 – Fabric Produced from Compact Yarn

Figure 2. Air permeability (Tyagi, Bhattacharyya, 2010b)

### Good Thermal Properties (Relative Water Vapor Permeability and Thermal Resistance)



1,3,5 – Fabric Produced from Ring Yarn  
 2,4,6 – Fabric Produced from Compact Yarn

**Figure 3.** Relative water vapor permeability, and thermal resistance of compact fabric (Tyagi, Bhattacharyya, 2010b)

Figure 3 shows that Relative Water Vapor Permeability is higher and thermal resistivity is lower for compact fabric in all three comparisons. Thermal resistance values are lower in compact fabrics when Relative Water Vapor Permeability (RWVP) values are higher due to its low hairiness, reduced yarn diameter, and increased porosity of the fabric (A. Das, 2007; Tyagi, Bhattacharyya, 2010b).

### Lower Fabric Thickness and Better Hand Feel

The fabric manufactured with compact yarn is thinner (H. Zhang, and X. Su, 2017). This is largely due to the compactness of the yarn, which reduces yarn diameter (Altas & Kadoğlu, 2012; Dash, 2002; Ishtiaque, 2009; Yilmaz, 2007) and yarn hairiness (Altas & Kadoğlu, 2012; Bijoya Kumar Behera, 2020; Divya, 2016; Elmogahzy, 2006; Eng, 2013; Haleem & Wang, 2015; Hasan, 2016; Tyagi, Bhattacharyya, 2010a; Z. Xia, X. Wang, W. Ye, and W. Xu, 2015). Hairiness, unevenness (U%), thin place, thick place, and neps are all much lower in compact yarn, (Alsaid Ahmed Almetwally, 2015; Dash, 2002; H. A. Kim & Kim, 2018; M. Krifa, E. Hequest, and D. Ethridge, 2002; Mamun, 2017; Murugan & Shenmugam, 2021; Nikolić, 2003; Özgüney, 2008; P. Çelik, and H. Kadoğlu, 2004; Suzan, 2011; Uddin & Jalil, 2015; Zou, 2011) resulting in a fabric with a better tactile feel. (Manonmani, 2010; Singh & Nigam, 2013).

Because of its exceptional features, compact yarn is increasingly being used in a wide range of applications nowadays (Kane, 2007). Compact spinning is a modified version of ring spinning that provides a novel yarn structure; the advancement of compact spinning has set new yarn configuration benchmarks (Abou-Nassif, 2014). The application of core-spun

yarns in fabric manufacturing and the clothing industry has grown dramatically. The spinning parameters have a major impact on market specifications, such as comfort behavior (A Das & S M Ishtiaque, 2004; A. Das & Chakraborty, 2014). The comfort behavior of any clothing has a substantial effect on the wearer's performance. As comfort is essential in the twenty-first century, using a compact spinning technology to produce cotton-based core-spun yarn can reduce hairiness, unevenness, and the imperfection index of the yarn, as well as improve thickness, air permeability, and MVPR, all of which will have a serious influence on the comfort properties of the end-use items manufactured from cotton-based core-spun yarn.

## Conclusion

Cotton has no contender when it comes to comfort. Since cotton has better core coverage, it is possible to use a reasonable amount of special chemical finishes and adhesives, which are the main catalysts for aesthetics and comfort in fabrics. We can attain some favorable circumstances by using a compact spinning process in cotton-based core-spun yarn.

- Less hairiness, unevenness, and IPI (thick place, thin place, and neps of yarn) will be obtained in cotton-based compact core-spun fabric, ensuring soft and good hand feel, as well as low pilling and high abrasion resistance.
- Lower thickness, higher air permeability, lower thermal resistance, and higher Relative Water Vapor Permeability (RWVP) will contribute to a cooler fabric with good comfort characteristics, which can be produced utilizing cotton-based compact core-spun yarn.
- Cotton-based core-spun yarn will be low in hairiness, which will facilitate fabric production. Needles on knitting machines will be simpler, and less waste will be generated, leading to lower maintenance costs and increased machine longevity.
- Cotton-based core-spun yarn produced in compact spinning will ensure good comfort property alongside have higher production of yarn resulting in saving money, time, and energy.

## References:

1. A Das & S M Ishtiaque. (2004). Comfort Characteristics of Fabrics Containing Twist-less and Hollow Fibrous Assemblies in Weft A. 3(4), 1–7.
2. Abou-Nassif, G. A. (2014). A Comparative Study between Physical Properties of Compact and Ring Yarn Fabrics Produced from Medium and Coarser Yarn Counts. *Journal of Textiles*, 2014, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2014/569391>
3. Adeli, B., Ghareghaji, A. A., & Shanbeh, M. (2011). Structural



- evaluation of elastic core-spun yarns and fabrics under tensile fatigue loading. *Textile Research Journal*, 81(2), 137–147. <https://doi.org/10.1177/0040517510380104>
4. Ahmad, M. M. (2009). Future spinning technology: Compact spinning. *Pakistan Textile Journal*, 58(2), 52–54.
  5. Akankwasa, N. T., Wang, J., & Zhang, Y. (2016). Study of optimum spinning parameters for production of T-400/cotton core spun yarn by ring spinning. *Journal of the Textile Institute*, 107(4), 504–511. <https://doi.org/10.1080/00405000.2015.1045254>
  6. Akaydin, M. (2009). Characteristics of fabrics knitted with basic knitting structures from combed ring and compact yarns. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 34(1), 26–30.
  7. Akaydin, M., & Can, Y. (2010). Pilling performance and abrasion characteristics of selected basic weft knitted fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 79(2), 51–54.
  8. Ali, N., & Nassif, A. (2017). Thermal Comfort Properties of Compact and Ring Yarn Woven Fabrics. 30–36.
  9. Almetwally, Alsaid A, & Salem, M. M. (2010). Comparison Between Mechanical Properties Of Fabrics Woven From Compact And Ring Spun Yarns. 10(March), 35–40.
  10. Almetwally, Alsaid Ahmed, Idrees, H. M. F., & Hebeish, A. A. (2014). Predicting the tensile properties of cotton/spandex core-spun yarns using artificial neural network and linear regression models. *Journal of the Textile Institute*, 105(11), 1221–1229. <https://doi.org/10.1080/00405000.2014.882043>
  11. Almetwally, Alsaid Ahmed, Mourad, M. M., Hebeish, A. A., & Ramadan, M. A. (2015). Comparison between physical properties of ring-spun yarn and compact yarns spun from different pneumatic compacting systems. 40(March), 43–50.
  12. Altas, S., & Kadoğlu, H. (2012). Comparison of conventional ring, mechanical compact and pneumatic compact yarn spinning systems. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 7(1), 87–100. <https://doi.org/10.1177/155892501200700110>
  13. Babaarslan, O. (2001). Method of Producing a Polyester/Viscose Core-Spun Yarn Containing Spandex Using a Modified Ring Spinning Frame. *Textile Research Journal*, 71(4), 367–371.
  14. Bar, M., Alagirusamy, R., & Das, A. (2018). Properties of flax-polypropylene composites made through hybrid yarn and film stacking methods. *Composite Structures*, 197, 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2018.04.078>
  15. Barzoki, P. K., Vadood, M., & Johari, M. S. (2017). Investigating the RoCos Core Spun Compact Yarn Properties. 5(2), 91–96.

16. Basal, G., & Oxenham, W. (2006). Comparison of Properties and Structures of Compact and Conventional Spun Yarns. *Textile Research Journal*, 76(7), 567–575.  
<https://doi.org/10.1177/0040517506065591>
17. Beceren, Y., & Nergis, B. U. (2008). Comparison of the Effects of Cotton Yarns Produced by New, Modified and Conventional Spinning Systems on Yarn and Knitted Fabric Performance. *Textile Research Journal*, 78(4), 297–303. <https://doi.org/10.1177/0040517507084434>
18. Bedez Ute, T. (2019). Analysis of mechanical and dimensional properties of the denim fabrics produced with double-core and core-spun weft yarns with different weft densities. *Journal of the Textile Institute*, 110(2), 179–185.  
<https://doi.org/10.1080/00405000.2018.1470451>
19. Behera, B. K., Ishtiaque, S. M., & Chand, S. (1997). Comfort properties of fabrics woven from ring-, rotor-, and friction-spun yarns. *Journal of the Textile Institute*, 88(3), 255–264.  
<https://doi.org/10.1080/00405009708658549>
20. Behera, Bijoya Kumar. (2020). Comparative Studies on Ring, Compact and Vortex Yarns and Fabrics. *Journal of Textile Science & Fashion Technology*, 6(5), 1–14.  
<https://doi.org/10.33552/jtsft.2020.06.000646>
21. Bouhjar, F., Sahnoun, M., & Cheikhrouhou, M. (2012). Study of the Theoretical and Rheological Models for the Mechanical Behaviour of Cotton Core Spun Yarn with Elastane. *Journal of Textile Science & Engineering*, 02(02), 2–7. <https://doi.org/10.4172/2165-8064.1000110>
22. Chakraborty, A., & Chatterjee, S. M. (1994). Influence of controlled pre-tension of core on hairiness of silk/nylon core-spun yarns. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 19(19), 12–16.
23. Chen, S. -A, & Tsai, Y. -C. (1989). Electrochemical polymerization of pyrrole on a fabric. *Die Angewandte Makromolekulare Chemie*, 169(1), 153–157. <https://doi.org/10.1002/apmc.1989.051690114>
24. Choi, K. F., & Kim, K. L. (2004). Fiber Segment Length Distribution on the Yarn Surface in Relation to Yarn Abrasion Resistance. *Textile Research Journal*, 74(7), 607–610.  
<https://doi.org/10.1177/004051750407400709>
25. Dang, M., Wang, S., & Liu, G. (2008). Theoretical prediction on tensile model of wool/spandex core-spun yarn. *Journal of Industrial Textiles*, 37(4), 301–313. <https://doi.org/10.1177/1528083707083792>
26. Das, A., & Chakraborty, R. (2014). Studies on elastane-cotton core-spun stretch yarns and fabrics: Part III-Comfort characteristics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 39(3), 282–288.
27. Das, A., Ishtiaque, S. M., & Yadav, P. (2004). Contribution of Core



- and Sheath Components to the Tensile Properties of DREF-III Yarn. *Textile Research Journal*, 74(2), 134–139.  
<https://doi.org/10.1177/004051750407400209>
28. Das, A., Kothari, V. K., & Sadachar, A. (2007). Comfort characteristics of fabrics made of compact yarns. *Fibers and Polymers*, 8(1), 116–122. <https://doi.org/10.1007/BF02908169>
29. Das, B., Das, A., Kothari, V., Fanguiero, R., & Araujo, M. D. (2009). Moisture flow through blended fabrics - Effect of hydrophilicity. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 4(4), 20–28. <https://doi.org/10.1177/155892500900400405>
30. Das, B., Das, A., Kothari, V. K., Fanguiero, R., & Araújo, M. De. (2007). Part II: Evaluation Methods and Mathematical Modelling. *Autex Research Journal*, 7(September), 194–216.
31. Dash, J. R., Ishtiaque, S. M., & Alagirusamy, R. (2002). Properties and processibility of compact yarns. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 27(4), 362–368.
32. Divya, R., Manonmani, G., & Jayakumari, M. (2016). Comparative study on ring spun yarn and compact spun yarn. 2(2), 374–384.
33. Doran, E. C., & Sahin, C. (2020). The prediction of quality characteristics of cotton/elastane core yarn using artificial neural networks and support vector machines. *Textile Research Journal*, 90(13–14), 1558–1580. <https://doi.org/10.1177/0040517519896761>
34. du, Z., Zhou, M., he, L., & Liu, H. (2015). Study on negative Poisson's ratio of auxetic yarn under tension: Part 2 – Experimental verification. *Textile Research Journal*, 85(7), 768–774. <https://doi.org/10.1177/0040517514549987>
35. El-Sayed, M. A. M., & Sanad, S. H. (2007). The Impact of New Spinning Technologies on the. *AUTEX Research Journal*, 8(4), 231–238.
36. El-Sayed, M. A. M., & Sanad, S. H. (2010). Compact spinning technology. *Advances in Yarn Spinning Technology*, 237–260. <https://doi.org/10.1533/9780857090218.2.237>
37. Elite, S., & Gmbh, S. S. (2019). Comparative analysis of yarn properties produced on pneumatic. mm, 179–181.
38. Elmogahzy, Y. (2006). Yarn engineering. 31(March), 150–159.
39. Eng, J. T. S., Sb, A., & Sandip, J. (2013). Journal of Textile Science & Engineering Properties Evaluation of Cotton Ring and Compact Spun Yarns after Scouring and Bleaching Process. 3(3), 3–5. <https://doi.org/10.4172/2165-8064.1000139>
40. Erez, E., & Çelik, P. (2014). a Research on the Parameters of the Affecting Yarn Properties of Cotton-Polyester Rigid Core-Spun Yarns PamukPoliester Sert ÖzlEğrilmİplikleriİpliÖzellikleriniEtkileyen

- Parametreler Üzerine Bir Araştırma. *TEKSTİL ve KONFEKSİYON*, 1, 195–201. <https://dergipark.org.tr/download/article-file/218230>
41. Ertaş, O. G., Zervent Ünal, B., & Çelik, N. (2016). Analyzing the effect of the elastane-containing dual-core weft yarn density on the denim fabric performance properties. *Journal of the Textile Institute*, 107(1), 116–126. <https://doi.org/10.1080/00405000.2015.1016319>
  42. F. Göktepe, D. Yılmaz, and Ö. Göktepe. (2015). A Comparison of Compact Yarn Properties Produced on Different Systems Material and Methods. *76(3)*, 226–234. <https://doi.org/10.1177/0040517506061241>
  43. Ferreira, M., Bourbigot, S., Flambard, X., & Vermeulen, B. (2004). Interest of a compound yarn to improve fabric performance. *Autex Research Journal*, 4(1), 14–18.
  44. Fu, T., Zhang, Y., Akankwasa, N. T., Chen, N., & Lin, H. (2021). Study on the model of semi-open-end twist in compact spinning with lattice apron. *Textile Research Journal*, 91(5–6), 467–479. <https://doi.org/10.1177/0040517520942545>
  45. G. Manonmani, C. Vigneswaran, K. Chandrasekaran, and T. Ramachandran. (2013). Effect of Ring and Compact Cotton Spun Yarn characteristics on Physical and Comfort Properties of Knitted Fabrics. *RJTA*, 17(3), 68–82.
  46. Gazi Ortlek, H., & Ulku, S. (2007). Effects of Spandex and Yarn Counts on the Properties of Elastic Core-spun Yarns Produced on Murata Vortex Spinner. *Textile Research Journal*, 77(6), 432–436. <https://doi.org/10.1177/0040517507078022>
  47. Gharehaghaji, A. A., Shanbeh, M., & Palhang, M. (2007). Analysis of Two Modeling Methodologies for Predicting the Tensile Properties of Cotton-covered Nylon Core Yarns. *Textile Research Journal*, 77(8), 565–571. <https://doi.org/10.1177/0040517507078061>
  48. Gokarneshan, N. (2005). An investigation on the minimum twist of cohesion of ring and compact spun yarns. *30*, 340–343.
  49. Gokarneshan, N., & Thangamani, K. (2010). An investigation into the properties of cotton/spandex and polyester/spandex knitted fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 101(2), 182–186. <https://doi.org/10.1080/00405000802332032>
  50. Gorjanc, D. S., & Bizjak, M. (2014). The influence of constructional parameters on deformability of elastic cotton fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 9(1), 38–46. <https://doi.org/10.1177/155892501400900106>
  51. H. Zhang, and X. Su. (2017). Comparative analysis on pneumatic compact spinning systems. *The Electronic Library*, 34(1), 1–5.
  52. H, H. (2013). Rheological Modeling of the Dorlastan Core Spun Yarns for Various Dorlastan Drafts and Yarn Counts. *Journal of Textile*

- Science & Engineering, 03(01). <https://doi.org/10.4172/2165-8064.1000127>
53. Haleem, N., & Wang, X. (2015). Recent research and developments on yarn hairiness. <https://doi.org/10.1177/0040517514538692>
54. Harper, R. J., Ruppenicker, G., & Donaldson, D. (1986). Cotton Blend Fabrics from Polyester Core Yarns. *Textile Research Journal*, 56(2), 80–86. <https://doi.org/10.1177/004051758605600202>
55. Harper, R. J., & Ruppenicker, G. F. (1987). Woven Fabrics Prepared from High Tenacity Cotton/Polyester Core Yarn. *Textile Research Journal*, 57(3), 147–154. <https://doi.org/10.1177/004051758705700304>
56. Hasan, K. M. F. (2016). Potentiality of Compact Yarn in Knit Dyeing for Cleaner Production. *International Journal Of Scientific & Engineering Research*, 7(7), 1033–1037.
57. Helali, H., Babay, A. D., & Msahli, S. (2012). Effect of elastane draft on the rheological modelling of elastane core spun yarn. *Journal of the Textile Institute*, 103(4), 451–457. <https://doi.org/10.1080/00405000.2011.584383>
58. Helali, H., Babay Dhouib, A., Msahli, S., & Cheikhrouhou, M. (2012). Influence of Dorlastan® draft and yarn count on the elastic recovery of the Dorlastan® core spun yarns following cyclic test. *Journal of the Textile Institute*, 103(4), 378–384. <https://doi.org/10.1080/00405000.2011.580542>
59. Helali, Houda, Babay Dhouib, A., Msahli, S., & Cheikhrouhou, M. (2013). Study of Specific conditions to control the mechanical behaviour of Dorlastan® core spun yarn. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 99(3), 55–60.
60. Herath, C. N., & Kang, B. C. (2008). Dimensional Stability of Core Spun Cotton/Spandex Single Jersey Fabrics under Relaxation. *Textile Research Journal*, 78(3), 209–216. <https://doi.org/10.1177/0040517507082958>
61. Hoeft, L. O., & Tokarsky, E. W. (2000). Measured electromagnetic shielding characteristics of fabric made from metal clad aramid yarn and wire. *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, 2, 883–886. <https://doi.org/10.1109/isemc.2000.874739>
62. Hua, T., Wong, N. S., & Tang, W. M. (2018). Study on properties of elastic core-spun yarns containing a mix of spandex and PET/PTT bi-component filament as core. *Textile Research Journal*, 88(9), 1065–1076. <https://doi.org/10.1177/0040517517693982>
63. Hyun, K. S., Spalding, M. A., & Hinton, C. E. (1997). Theoretical and experimental analysis of solids conveying in single-screw extruders.

- Journal of Reinforced Plastics and Composites, 16(13), 1210–1219.  
<https://doi.org/10.1177/073168449701601305>
64. Ishtiaque, S. M., Subramani, P., Kumar, A., & Das, B. R. (2009). Structural and tensile properties of ring and compact plied yarns. 34(September), 213–218.
65. Jabbar, A., Tariq, U., Hussain, T., Basit, A., Hai, A. M., & Zubair, M. (2020). Effect of polyester and elastane linear density on the physical and mechanical properties of dual-core-spun cotton yarns. *Journal of Natural Fibers*, 17(4), 463–471.  
<https://doi.org/10.1080/15440478.2018.1500338>
66. Jackowski, T., & Cyniak, D. (2004). *Compact Cotton Yarn*. 12(4), 22–26.
67. Jaouachi, B., Moussa, A., Ben Hassen, M., & Sakli, F. (2011). Image analysis of the elastane position effect on the appearance of wet pneumatic spliced elastic core-spun yarn. *Textile Research Journal*, 81(14), 1460–1469. <https://doi.org/10.1177/0040517511398948>
68. Javazmi, L., Ravandi, S. A. H., & Ghareaghaji, A. A. (2014). Fabrication and characterization of PET nanofiber hollow yarn. *Fibers and Polymers*, 15(5), 954–960. <https://doi.org/10.1007/s12221-014-0954-9>
69. Jeddi, A. A. A., Johari, M. S., & Merati, A. A. (1997). A study of the structural and physical properties of cotton-covered nylon filament core-spun yarns. *Journal of the Textile Institute*, 88(1), 12–20. <https://doi.org/10.1080/00405009708658525>
70. Jiang, X., Wang, Q., Cheng, L., & Yu, J. (2012). Comparison of the properties of akund / cotton blended yarn produced by compact spinning with pure cotton yarn. 219, 590–593. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.217-219.590>
71. Józkwicz, I., & Drobina, R. (2010). Comparative Analysis of Ring Spinning for Both Classic and Compact Yarns . Part II: Verification of Models Created. 18(5), 28–34.
72. Kadoğlu, H., Dimitrovski, K., Marmarali, A., Çelik, P., Bayraktar, G. B., Üte, T. B., Ertekin, G., Demšar, A., & Kostanjek, K. (2016). Investigation of the characteristics of elasticised woven fabric by using PBT filament yarns. *Autex Research Journal*, 16(2), 109–117. <https://doi.org/10.1515/aut-2015-0025>
73. Kakvan, A., Shaikhzadeh Najar, S., Ghazi Saidi, R., & Nami, M. (2007). Effects of draw ratio and elastic core yarn positioning on physical properties of elastic wool/polyester core-spun ring yarns. *Journal of the Textile Institute*, 98(1), 57–63. <https://doi.org/10.1533/joti.2005.0194>
74. Kane, C. D., Patil, U. J., & Sudhakar, P. (2007). Studies on the

- Influence of Knit Structure and Stitch Length on Ring and Compact Yarn Single Jersey Fabric Properties. *Textile Research Journal*, 77(8), 572–582. <https://doi.org/10.1177/0040517507078023>
75. Kawabata, S., & Niwa, M. (1989). Fabric performance in clothing and clothing manufacture. *Journal of the Textile Institute*, 80(1), 19–50. <https://doi.org/10.1080/00405008908659184>
76. Kawabata, S., & Niwa, M. (1991). Objective Measurement of Fabric Mechanical Property and Quality: *International Journal of Clothing Science and Technology*, 3(1), 7–18. <https://doi.org/10.1108/eb002968>
77. Kaynak, H. K. (2017). Optimization of stretch and recovery properties of woven stretch fabrics. *Textile Research Journal*, 87(5), 582–592. <https://doi.org/10.1177/0040517516632480>
78. Kim, H. A., & Kim, S. J. (2018). Mechanical Properties of Micro Modal Air Vortex Yarns and the Tactile Wear Comfort of Knitted Fabrics. 19(1), 211–218. <https://doi.org/10.1007/s12221-018-7690-x>
79. Kim, H. J., Kim, J. S., Lim, J. H., & Huh, Y. (2009). Detection of Wrapping Defects by a Machine Vision and its Application to Evaluate the Wrapping Quality of the Ring Core Spun Yarn. *Textile Research Journal*, 79(17), 1616–1624. <https://doi.org/10.1177/0040517509103509>
80. Kim, H. J., Yang, H. W., Zhu, C. Y., & Huh, Y. (2009). Influence of the core-sheath weight ratio and twist on the tensile strength of the ring core yarns with high tenacity filaments. *Fibers and Polymers*, 10(4), 546–550. <https://doi.org/10.1007/s12221-009-0546-2>
81. Krifa, M., & Ethridge, M. D. (2006). Compact Spinning Effect on Cotton Yarn Quality: Interactions with Fiber Characteristics. 76(5), 388–399. <https://doi.org/10.1177/0040517506062648>
82. Kumar, B., Dasa, A., & Singh, P. A. (2014). Studies on elastane-cotton core-spun stretch yarns and fabrics: Part III — Comfort characteristics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 39(3), 282–288.
83. Liu, X., Su, X., & Song, J. (2019). Research on yarn qualities modified by mechanical false-twisting device. *The Journal of The Textile Institute*, 0(0), 1–11. <https://doi.org/10.1080/00405000.2019.1649581>
84. Loganathan, R., Mallyah, M., & Ramachandran, T. (n.d.). Influence of D - Type Slot Compact System on Migration Properties of the Carded Compact Yarn. 7–13.
85. Lou, C. W. (2005). Process of Complex Core Spun Yarn Containing a Metal Wire. *Textile Research Journal*, 75(6), 466–473. <https://doi.org/10.1177/0040517505053871>
86. M. A. Shahid, M. D. Hossain, M. N. U. Hasan, and M. A. Islam. (2014). Comparative Study of Ring and Compact Yarn-Based Knitted

- Fabric. ICME 2013, 90, 154–159.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.829>
87. M. Krifa, E. Hequest, and D. Ethridge. (2002). COMPACT SPINNING: NEW POTENTIAL FOR SHORT STAPLE COTTONS. Spring 2002\*, 2002(2).
88. Ma, H., Cheng, L., Yan, G., & Xu, S. (2012). Influence of Technological Parameter for Ramie Yarn Hairiness on Compact Spinning with Suction Groove. 219, 1695–1698.  
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.217-219.1695>
89. Mamun, R. Al, Repon, M. R., Jalil, M. A., & Uddin, A. J. (2017). Comparative Study on Card Yarn Properties Produced from Conventional Ring and Compact Spinning. Universal Journal of Engineering Science, 5(1), 5–10.  
<https://doi.org/10.13189/ujes.2017.050102>
90. Manonmani, G., Chettiar, V., & Ramachandran, T. (2010). Suitability of compact yarn for manufacturing of eco-friendly processed weft knitted fabrics. Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, 6(3), 1–18.
91. Matsumoto, Y., Tsuchiya, I., Toriumi, K., & Harakawa, K. (1990). A study of throstle-spun-silk/raw-silk core-spun yarn part I: Yarn properties. Journal of the Textile Institute, 81(1), 48–58.  
<https://doi.org/10.1080/00405009008658325>
92. Merati, A. A., Konda, F., Okamura, M., & Marui, E. (1998). Filament Pre-tension in Core Yarn Friction Spinning. Textile Research Journal, 68(4), 254–264. <https://doi.org/10.1177/004051759806800403>
93. Merati, A. A., Najar, S. S., Etrati, S. M., & Goodarzi, M. (2012). Effect of spandex filament draw ratio on elastic core spun yarn properties in friction spinning. Textile Research Journal, 82(13), 1363–1370.  
<https://doi.org/10.1177/0040517512439920>
94. Merati, A. A., & Okamura, M. (2001). Hollow Yarn in Friction Spinning. Part II: Yarn Structure and Deformation Under Axial Tension and Lateral Forces. Textile Research Journal, 71(5), 454–458.  
<https://doi.org/10.1177/004051750107100514>
95. Merati, A. A., & Okamura, M. (2003). Limits of Hollow Yarn in Friction Spinning. Textile Research Journal, 73(6), 496–502.  
<https://doi.org/10.1177/004051750307300606>
96. Messiry, M. El, Hosny, N., & Esmat, G. (2013). Optimization of the combing noil percentage for quality single and ply compact spun yarn. Alexandria Engineering Journal, 52(3), 307–311.  
<https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.01.004>
97. Miao, M., Barnes, S., & Vuckovic, L. (2010). High-speed video graphic study of filament-core yarn spinning. Journal of the Textile



- Institute, 101(3), 242–252.  
<https://doi.org/10.1080/00405000802376179>
98. Miao, Menghe, How, Y. L., & ho, S. Y. (1996). Influence of Spinning Parameters on Core Yarn Sheath Slippage and Other Properties. *Textile Research Journal*, 66(11), 676–684.  
<https://doi.org/10.1177/004051759606601102>
99. Murugan, K., & Shenmugam, V. (2021). Optimization of Cotton Compact Yarn Product by Fibre Properties. 4(5), 96–103.
100. Naeem, M. A., Akankwasa, N. T., Leroy, A., Siddiqui, Q., & Ahmad, A. (2019). A study of novel multifilament spreading and feeding method, to produce filament wrapped-staple core composite yarn using modified ring frame. *Journal of the Textile Institute*, 110(3), 378–385.  
<https://doi.org/10.1080/00405000.2018.1480342>
101. Nikolić, M., Stjepanović, Z., Lesjak, F., & Štritof, A. (2003). Compact spinning for improved quality of ring-spun yarns. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 11(4), 30–35.
102. Oğulata, R. T. (2007). The effect of thermal insulation of clothing on human thermal comfort. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 15(2), 67–72.
103. Omeroglu, S., & Ulku, S. (2007). An investigation about tensile strength, piling and abrasion properties of woven fabrics made from conventional and compact ring-spun yarns. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 15(1), 39–42.
104. Oparin, M. L., Oparina, O. S., & Matrosov, A. N. (2010). Динамика Фауны Млекопитающих Степей Волго - Уральского Междуречья За Последнее Столетие М . Л . Опарин 1 , О . С . Опарина 1 , А . Н . Матросов 2 , А . А . Кузнецов 2. 486(082), 71–85.
105. Özdil, N., Özdoğan, E., & Demirel, A. (2005). A Comparative Study of the Characteristics of Compact Yarn-Based Knitted Fabrics. 13(2), 39–43.
106. Özgüney, A. T., Dönmez Kretzschmar, S., Özçelik, G., & Özerdem, A. (2008). The Comparison of Cotton Knitted Fabric Properties Made of Compact and Conventional Ring Yarns Before and After the Printing Process. *Textile Research Journal*, 78(2), 138–147.  
<https://doi.org/10.1177/0040517507080249>
107. Ozturk, M., & Nergis, B. U. (2008). Determining the dependence of colour values on yarn structure. 87, 145–150.  
<https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.2008.00134.x>
108. P. Çelik, and H. Kadoğlu. (2004). A Research on the Compact Spinning for Long Staple Yarns. 12(4), 27–31.
109. Perumalraj, R., & Dasaradan, B. S. (2009). Electromagnetic shielding effectiveness of copper core yarn knitted fabrics. *Indian Journal of*

- Fibre and Textile Research, 34(2), 149–154.
110. Perumalraj, R., & Dasaradan, B. S. (2010). Tensile properties of copper core yarn. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29(11), 1688–1701. <https://doi.org/10.1177/0731684409341676>
  111. Perumalraj, R., Dasaradan, B. S., Anbarasu, R., Arokiaraj, P., & Leo Harish, S. (2009). Electromagnetic shielding effectiveness of copper core-woven fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 100(6), 512–524. <https://doi.org/10.1080/00405000801997587>
  112. Pourahmad, A., & Johari, M. S. (2009). Production of core-spun yarn by the three-strand modified method. *Journal of the Textile Institute*, 100(3), 275–281. <https://doi.org/10.1080/00405000701763865>
  113. Pramanik, P., & Patil, V. M. (2009). Physical characteristics of cotton/polyester core spun yarn made using ring and air-jet systems. *Autex Research Journal*, 9(1), 14–19.
  114. Qadir, B., Hussain, T., & Malik, M. (2014). Effect of elastane denier and draft ratio of core-spun cotton weft yarns on the mechanical properties of woven fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 9(1), 23–31. <https://doi.org/10.1177/155892501400900104>
  115. Qadir, M. B., Ali, Z., Afzal, A., Irfan, M., Hussain, T., Malik, M. H., Iqbal, M. W., Shahzad, A., Ahmad, A., & Khaliq, Z. (2020). Effect of Elastane Parameters on the Dimensional and Mechanical Properties of Stretchable Denim Fabrics. *Clothing and Textiles Research Journal*, 1–15. <https://doi.org/10.1177/0887302X20968812>
  116. Radhakrishnaiah, P., & Sawhney, A. P. S. (1996). Low Stress Mechanical Behavior of Cotton / Polyester Yarns and Fabrics in Relation to Fiber Distribution Within the Yarn. *Textile Research Journal*, 66(2), 99–103. <https://doi.org/10.1177/004051759606600206>
  117. Radhakrishnaiah, P., Tejatanalert, S., & Sawhney, A. P. S. (1993). Handle and Comfort Properties of Woven Fabrics Made from Random Blend and Cotton-Covered Cotton/Polyester Yarns. *Textile Research Journal*, 63(10), 573–579. <https://doi.org/10.1177/004051759306301003>
  118. Raj, S., & Sreenivasan, S. (2009). Total wear comfort index as an objective parameter for characterization of overall wearability of cotton fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 4(4), 29–41. <https://doi.org/10.1177/155892500900400406>
  119. Raja, D., Kouhik, C. V, Ramakrishnan, G., Babu, V. R., & Subramaniam, V. (2012). Horizontal liquid spreading behaviour of hybrid yarn woven fabric using embedded image analysis principle. 37(December), 381–384.
  120. Ramachandran, T., & Vigneswaran, C. (2009). Design and development of copper core conductive fabrics for smart textiles.



- Journal of Industrial Textiles, 39(1), 81–93.  
<https://doi.org/10.1177/1528083709103317>
121. Ramakrishnan, G. (2006). Fibre migration in compact-spun yarn s : Part I-Pneumatic compact yarn. 3(September).
  122. Ramkumar, S. S., Leaf, G. A. V., & Harlock, S. C. (2000). A Study of the Frictional Properties of 1×1 Rib-knitted Cotton Fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 91(3), 374–382.  
<https://doi.org/10.1080/004050000008659514>
  123. Realf, M. L. (2015). Objective Subjective Analysis of Knitted Fabric. 977–982.
  124. Regar, M. L., Amjad, A. I., & Aikat, N. (2017). Studies On The Properties Of Ring. 2, 476–483.
  125. Ruppenicker, G. F., Harper, R. J., Sawhney, A. P., & Robert, K. Q. (1989). Comparison of Cotton/Polyester Core and Staple Blend Yarns and Fabrics. *Textile Research Journal*, 59(1), 12–17.  
<https://doi.org/10.1177/004051758905900102>
  126. Sarıoğlu, E., & Bubaarslan, O. (2017). A comparative strength analysis of denim fabrics made from core-spun yarns containing textured microfilaments. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 12(1), 22–32. <https://doi.org/10.1177/155892501701200103>
  127. Sawhney, A. P. S., Harper, R. J., Robert, K. Q., & Ruppenicker, G. F. (1991). Finishing and Properties of Fabrics Produced with Polyester Staple-Core/Cotton-Wrap Yarns. *Textile Research Journal*, 61(7), 393–397. <https://doi.org/10.1177/004051759106100705>
  128. Sawhney, A. P. S., Harper, R. J., Ruppenicker, G. F., & Robert, K. Q. (1991). Comparison of Fabrics Made with Cotton Covered Polyester Staple-Core Yarn and 100% Cotton Yarn. *Textile Research Journal*, 61(2), 71–74. <https://doi.org/10.1177/004051759106100202>
  129. Sawhney, A. P. S., Robert, K. Q., & Ruppenicker, G. F. (1989). Device for Producing Staple-Core / Cotton-Wrap Ring Spun Yarns. *Textile Research Journal*, 59(9), 519–524.  
<https://doi.org/10.1177/004051758905900905>
  130. Sawhney, A. P. S., Robert, K. Q., Ruppenicker, G. F., & Kimmel, L. B. (1992). Improved Method of Producing a Cotton Covered/Polyester Staple-Core Yarn on a Ring Spinning Frame. *Textile Research Journal*, 62(1), 21–25. <https://doi.org/10.1177/004051759206200104>
  131. Sawhney, A. P. S., & Ruppenicker, G. F. (1997). Special purpose fabrics made with core-spun yarns. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 22(4), 246–254.
  132. Sawhney, A. P. S., Ruppenicker, G. F., Kimmel, L. B., & Robert, K. Q. (1992). Comparison of Filament-Core Spun Yarns Produced by New and Conventional Methods. *Textile Research Journal*, 62(2), 67–

73. <https://doi.org/10.1177/004051759206200202>
133. Şengöz, N. G. (2004). Bagging in textiles. *Textile Progress*, 36(1), 37–41. <https://doi.org/10.1533/jotp.36.1.1.59475>
134. Shanbeh, M., Baghaei, B., Alidadi, S., & Tabibi, A. (2011). Coating of core yarn. An alternative method of decreasing the strip-back phenomenon of core-spun yarns. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 88(5), 28–32.
135. Singh, M. K., & Nigam, A. (2013). Effect of Various Ring Yarns on Fabric Comfort. 2013, 1–8.
136. Sinha, S. K., Bansal, P., & Maity, S. (2017). Tensile and Elastic Performance of Cotton/Lycra Core Spun Denim Yarn. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series E*, 98(1), 71–78. <https://doi.org/10.1007/s40034-017-0095-y>
137. Sitotaw, D. B. (2018). Dimensional Characteristics of Knitted Fabrics Made from 100% Cotton and Cotton/Elastane Yarns. *Journal of Engineering (United Kingdom)*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/8784692>
138. Sowrov, K., & Ahmed, P. M. (2014). An investigation on the variation of woven fabric properties made from regular ring spun , compact & SIRO spun yarn . 88–91.
139. su, C. I., Fang, J. X., Chen, X. H., & wu, W. Y. (2007). Moisture Absorption and Release of Profiled Polyester and Cotton Composite Knitted Fabrics. *Textile Research Journal*, 77(10), 764–769. <https://doi.org/10.1177/0040517507080696>
140. Su, X., Su, X., & Liu, X. (2020). Research on performance of twin-core spun yarn and fabric. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 32(3), 338–355. <https://doi.org/10.1108/IJCST-12-2018-0162>
141. Sun, J., Huang, Y., Fu, C., Wang, Z., Huang, Y., Zhu, M., Zhi, C., & Hu, H. (2016). High-performance stretchable yarn supercapacitor based on PPy@CNTs@urethane elastic fiber core spun yarn. *Nano Energy*, 27, 230–237. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2016.07.008>
142. Suzan, H. (2011). Production Of Carded Compact Cotton Yarn Of Comparable Quality To The Combed Conventional. 89(1), 203–212.
143. T. N. Shaikh, R. Radadiya, and A. Rawal. (2017). Compact Yarn as a Replacement of Doubled Yarn in Apparel Fabric-an Analytical Snap. 1(5), 1–7. <https://doi.org/10.15406/jteft.2017.01.00033>
144. T. Siddiqua, M. A. Reza, and H. Altaf. (2019). Statistical Analysis of Properties of Compact Yarn Produced from Different Process. *European Scientific Journal ESJ*, 15(12), 150–158. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n12p150>
145. Taylor, P., Liu, X., Liu, W., Zhang, H., & Su, X. (2014). The Journal

- of The Textile Institute Research on pneumatic compact spun yarn quality. October, 37–41.  
<https://doi.org/10.1080/00405000.2014.925198>
146. Taylor, P., Mavruz, S., & Ogulata, R. T. (2011). The Journal of The Textile Institute Investigation of air permeability of single jersey fabrics with different relaxation states. October 2014, 37–41.  
<https://doi.org/10.1080/00405000903474907>
147. Taylor, P., Raja, D., Prakash, C., Gunasekaran, G., & Koushik, C. V. (2014). The Journal of The Textile Institute A study on thermal properties of single-jersey knitted fabrics produced from ring and compact folded yarns. January 2015, 37–41.  
<https://doi.org/10.1080/00405000.2014.912783>
148. Taylor, P., Soltani, P., & Johari, M. S. (2012). A study on siro-, solo-, compact-, and conventional ring-spun yarns . Part II : yarn strength with relation to physical and structural properties of yarns. December 2013, 37–41. <https://doi.org/10.1080/00405000.2011.628117>
149. Tyagi, G. K., Bhattacharyya, S., Bhowmick, M., & Narang, R. (2010a). Study of cotton ring- And compact-spun yarn fabrics: Part II - Effects of spinning variables on comfort characteristics. Indian Journal of Fibre and Textile Research, 35(2), 128–133.
150. Tyagi, G. K., Bhattacharyya, S., Bhowmick, M., & Narang, R. (2010b). Study of cotton ring-and compact-spun yarn fabrics: Part i - Effects of spinning variables on hand-related characteristics. Indian Journal of Fibre and Textile Research, 35(1), 45–49.
151. Tyagi, G. K., Bhowmick, M., Bhattacharyya, S., & Kumar, R. (2010). Effect of spinning conditions on mechanical and performance characteristics of cotton ring- And compact-spun yarns. Indian Journal of Fibre and Textile Research, 35(1), 21–30.
152. Uddin, N., & Jalil, M. A. (2015). Retrofitting Of Simple Mechanical Compacting Device ( Rocos ) On Conventional Ring Spinning Machine For Improving Yarn Quality. 11(3), 68–74.
153. Wan, A., Yu, W., & Jiang, G. (2014). Textile Research Journal. <https://doi.org/10.1177/0040517513509854>
154. Wang, Z., Huang, Y., Sun, J., Huang, Y., Hu, H., Jiang, R., Gai, W., Li, G., & Zhi, C. (2016). Polyurethane/Cotton/Carbon Nanotubes Core-Spun Yarn as High Reliability Stretchable Strain Sensor for Human Motion Detection. ACS Applied Materials and Interfaces, 8(37), 24837–24843. <https://doi.org/10.1021/acsami.6b08207>
155. Wu, H., Chen, M., & Wang, W. (2009). The Structure of Compact Yarn Configuration of Fibers within Yarns Analysis of Structure of Two Cotton Yarns. 79(9), 810–814.  
<https://doi.org/10.1177/0040517508097513>

156. Yang, H. W., Kim, H. J., Zhu, C. Y., & Huh, Y. (2009). Comparisons of Core—Sheath Structuring Effects on the Tensile Properties of High-Tenacity Ring Core-Spun Yarns. *Textile Research Journal*, 79(5), 453–460. <https://doi.org/10.1177/0040517508099912>
157. Yanhong, W., Liu, X., Su, X., & Zhimin, Z. (2019). Effects of spinning process and core yarn contents on yarn shape retention. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 32(4), 457–469. <https://doi.org/10.1108/IJCST-11-2018-0142>
158. Yilmaz, D. (2013). Investigation of Yarn Properties of Modified Yarn Spinning Systems with Air Nozzle Attachment. 2(98), 43–50.
159. Yilmaz, D., Göktepe, F., Göktepe, Ö., & Kremenakova, D. (2007). Packing Density of Compact Yarns. *Textile Research Journal*, 77(9), 661–667. <https://doi.org/10.1177/0040517507078796>
160. Yoon, H. N., Sawyer, L. C., & Buckley, A. (1984). Improved Comfort Polyester: Part II: Mechanical and Surface Properties. *Textile Research Journal*, 54(6), 357–365. <https://doi.org/10.1177/004051758405400601>
161. Yu, A., Pu, X., Wen, R., Liu, M., Zhou, T., Zhang, K., Zhang, Y., Zhai, J., Hu, W., & Wang, Z. L. (2017). Core-Shell-Yarn-Based Triboelectric Nanogenerator Textiles as Power Cloths. *ACS Nano*, 11(12), 12764–12771. <https://doi.org/10.1021/acsnano.7b07534>
162. Yuan, L., Fan, W., Miao, Y., Li, J., Xue, L., Dang, W., Dong, J., Wei, L., & Sun, R. (2019). Enhanced mechanical and electromagnetic properties of polymer composite with 2.5D novel carbon/quartz fiber core-spun yarn woven fabric. *Journal of Industrial Textiles*, 1–18. <https://doi.org/10.1177/1528083719866937>
163. Z. Xia, X. Wang, W. Ye, and W. Xu. (2015). Experimental Investigation on the Effect of Singeing on Cotton Yarn Properties. 79(17), 1610–1615. <https://doi.org/10.1177/0040517508099389>
164. Zaidi, N. I., Ali, M. T., Rahman, N. H. A., Amin, M. S., Shah, A. A. S. A., & Yahya, M. F. (2018). Comparison of Copper Covered and Copper Core Sheath Yarn for the Fabrication of Textile Antenna. *IEESR Journal*, 13.
165. Zou, Z., Guo, Y., Zheng, S., Cheng, L., & Liu, S. (2011). Model of the Yarn Twist Propagation in Compact Spinning with a Pneumatic Groove. 19(1), 30–33.

## Caractéristiques Nutritionnelles D'un Pâturage de Jachère Dans la Savane de Korhogo, au Nord de la Côte d'Ivoire

*Gouagoua Séverin Kouadja,  
Adam Camille Kouame,  
Kouakou Eugène Kouadio,  
N'Gouan Cyrille Kouassi,  
Brou Jean Kouao*

Centre National de Recherche Agronomique, Direction régionale de Bouaké

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p310](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p310)

Submitted: 17 May 2021

Accepted: 08 October 2021

Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

### *Cite As:*

Kouadja G.S., Kouame A.C., Kouadio K.E., Kouassi N'G. C. & Kouao B.J. (2021). *Caractéristiques Nutritionnelles D'un Pâturage De Jachère Dans La Savane De Korhogo, Au Nord De La Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 310.

<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p310>

### **Résumé**

Malgré l'abondance des pâturages à Karakoro, une région de Korhogo, au nord de la Côte d'Ivoire, des signes de sous-alimentation sont observés chez les animaux, vers la fin de l'hivernage (saison des pluies). Une étude de la valeur fourragère du pâturage et de sa variation entre la 5<sup>e</sup> et la 11<sup>e</sup> semaine de repousse a été réalisée. Des analyses bromatologiques complétées par l'étude de la digestibilité par l'utilisation de moutons en cages de digestibilité ont été faites. Durant cette période, la teneur en calcium a évolué de 2,1 allant à 0,4 g/kg MS tandis que celle en phosphore est restée stable (3,1 g/kg MS). Celle du potassium a varié entre 0,1 et 0,4 g/kg MS. La digestibilité de la matière sèche (MS) du fourrage est passée de 55,5 à 50 %. La valeur énergétique nette de l'herbe au cours des 7 semaines d'étude est passée de 0,67 à 0,63 UFL (Unité Fourragère Lait) et 0,56 à 0,47 UFV (Unité Fourragère Viande). Les protéines brutes contenues dans l'herbe ont tendance à baisser en fonction de l'âge (de 76,0 à 56,9 g/kg MS pour les MAT et 57,0 à 22,0 g/kg MS pour les MAD de la 5<sup>e</sup> à la 11<sup>e</sup> semaine. Bien que de bonne valeur énergétique, ce pâturage, composé principalement de l'espèce fourragère *Andropogon gayanus* Kunth (Poaceae) est particulièrement pauvre en calcium et en phosphore. Ce pâturage ne peut servir qu'à une production extensive de

viande. Leur valeur nutritionnelle peut néanmoins être améliorée par une complémentation judicieuse et conséquente en minéraux (poudre ou pierre à lécher), et surtout en azote.

---

**Mots clés:** Bromatologie, Jachère, Pâturage, Côte d'Ivoire

## **Nutritional Characteristics of The Pasture Fallow in The Korhogo Savanna North of Côte d'Ivoire**

*Gouagoua Séverin Kouadja,  
Adam Camille Kouame,  
Kouakou Eugène Kouadio,  
N'gouan Cyrille Kouassi,  
Brou Jean Kouao*

Centre National de Recherche Agronomique, Direction régionale de Bouaké

---

### **Abstract**

Despite the abundance of pastures in Karakoro, a region of Korhogo, in the north of Côte d'Ivoire, signs of undernourishment are observed in the animals, towards the end of the rainy season (rainy season). A study of the forage value of the pasture and its variation between the 5th and 11th week of regrowth was carried out. Bromatological analyzes completed by the study of digestibility by the use of sheep in digestibility cages were carried out. During this period, the calcium content evolved from 2.1 going to 0.4 g / kg DM while that of phosphorus remained stable (3.1 g / kg DM). That of potassium varied between 0.1 and 0.4 g / kg DM. The digestibility of the dry matter (DM) of the forage has been reduced from 55.5 to 50%. The net energy value of the grass during the 7 weeks of study increased from 0.67 to 0.63 UFL (Milk Forage Unit) and 0.56 to 0.47 UFV (Meat Forage Unit). Crude protein in grass tends to decrease with age (76.0 to 56.9 g / kg DM for MAT and 57.0 to 22.0 g / kg DM for MAD of weeks 5 to 11). Although of good energy value, this pasture, composed mainly of the forage species *Andropogon gayanus* Kunth (Poaceae) is particularly poor in calcium and phosphorus. This pasture can only be used for extensive production Their nutritional value can nevertheless be improved by a judicious and consequent supplementation in minerals (powder or lick stone), and especially in nitrogen.

---

**Keywords:** Bromatology, Fallow, Pasture, Côte d'Ivoire

### **Introduction**

Située entre le 5° et le 10° degré de latitude Nord, le territoire de la Côte d'Ivoire se partage en deux zones écoclimatiques, au Sud le milieu

forestier humide et du Centre au Nord le milieu sub-humide des savanes. Les formations savanicoles se présentent, généralement, sous deux formes. La première où la densité humaine est faible et la pression sur les terres pour les cultures est légère. Dans celle-ci, dominent les savanes parfaitement reconstituées (César, 1990). Dans la seconde à forte densité humaine, la fréquence de remise en culture des terres est élevée et les jachères y dominent. Le pâturage en savane et en jachères est la base de l'alimentation des ruminants (Kouao et Bodji, 1992).

Aussi, certaines zones de la Côte d'Ivoire, notamment, celle de Korhogo, connaissent-elles une forte densité démographique et une forte pression sur les terres cultivables. La population humaine y est rurale à plus de 70 %. Selon le Ministère des Ressources Animales et Halieutiques, la raréfaction des terres induit une pression foncière de plus en plus forte qui n'est pas atténuée par une intensification de l'agriculture. L'intégration entre l'agriculture et l'élevage apparaît à bien des égards, comme, un passage obligé (MIRAH, 2014).

Par ailleurs, compte tenu de l'étendue des surfaces peu ou pas exploitées en saison des pluies, les sources naturelles de fourrage semblent inépuisables. Cependant, des signes de sous-alimentation sont observés chez les animaux, vers la fin de la saison des pluies et ce, malgré l'abondance des pâturages. Cela peut être dû à diverses causes, notamment, la baisse excessive de la qualité du fourrage par suite de l'avancement en âge des repousses, l'insuffisance de la quantité de matière sèche consommée par suite de mauvaise répartition des troupeaux et de charges ponctuelles excessives ainsi que le manque de complémentation des animaux au pâturage (Baumont *et al.*, 2009). Tous ces facteurs interviennent simultanément et il est difficile de préciser la cause locale de la sous-alimentation des animaux. Pour ce faire, une gestion plus judicieuse des formations herbagères naturelles s'avère nécessaire, si, l'on vise à optimiser la production animale, et, ainsi, réduire les effets de la malnutrition du bétail. C'est dans ce but que nous avons jugé important de fournir des informations sur la composition floristique et sur les caractéristiques nutritionnelles des repousses des pâturages laissés en jachère dans la savane de Korhogo afin d'en tirer profit.

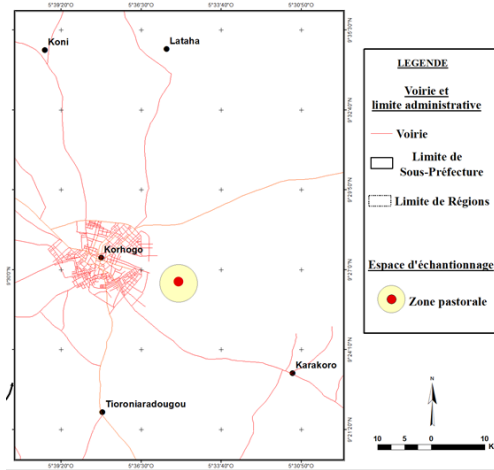
## **2. Matériel Et Methodes**

### **2.1. Matériel**

Des essais ont été conduits avec six (6) moutons Djallonké (*Ovis aries*), maintenus en cage de digestibilité et de poids variant entre 32 et 35 kg. L'âge moyen de ces animaux était de 29 mois. Ces moutons étaient castrés et portaient des culottes en tissu pour la collecte totale des fèces, empêchant la contamination de celles-ci par les urines. Ils ont été déparasités avant le début des tests. Ils disposaient, en outre, d'eau important et de pierres à lécher à



volonté. Dans une jachère de savane de 3 ans, il s'agissait de graminées mises en défens dans la zone pastorale de Karakoro, près de Korhogo, au Nord de la Côte d'Ivoire (**Figure 1**). Cette zone a été choisie parce qu'elle est caractérisée par la présence de nombreux troupeaux sédentaires de bovins dont des bœufs de culture attelée. Dans le département, le climat est de type tropical soudanais, avec une saison des pluies de mai à octobre et une saison sèche de novembre à avril, marquée par l'harmattan. Les totaux annuels de précipitations se situent entre 1100 et 1600 mm (Boko *et al.*, 2016).



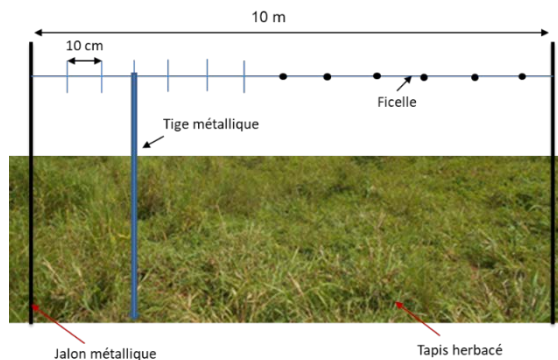
**Figure 1.** Localisation de la zone du relevé floristique et de collecte des données dans le nord de la Côte d'Ivoire

## 2.2. Méthodologie

### 2.2.1. Relevé phytosociologique

Soixante (60) relevés floristiques ont été effectués, selon la méthode sigmatiste classique de Braun-Blanquet (1932), à l'intérieur de trente (30) placettes de 625 m<sup>2</sup> (25 m x 25 m) sur le site. Cette méthode a consisté à dresser la liste des plantes présentes dans un échantillon représentatif et homogène, par la pose de deux jalons reliés par une ficelle de 10 m graduée tous les 10 cm. Chaque graduation a constitué un point de lecture. Le long de cette ficelle, une tige métallique fine est placée perpendiculairement au sol et descendue jusqu'au sol. Toutes les espèces herbacées qui étaient en contact avec la tige ont été enregistrées, cependant, chaque espèce n'est notée qu'une seule fois (**Figure 2**).





**Figure 2.** Schéma de description du relevé floristique

### 2.2.2. Mise en œuvre des essais

Une coupe de régularisation préalable du couvert herbacé mis en défens a été réalisée avant l'étude vers la fin de l'hivernage de l'année 2014, en introduisant une charge instantanée élevée de taurins sur la parcelle. Les repousses qui ont suivi l'exploitation de régularisation ont été fauchées chaque matin à la faucille, hachées mécaniquement en brins de 4 à 5 cm et distribuées en vert aux 6 moutons en cages de digestibilité. La quantité d'aliment disposée dans les mangeoires a été pesée avant d'être distribuée. Chaque animal a été considéré comme une répétition. L'étude a débuté lorsque les repousses avaient deux semaines d'âge. Ainsi, après une période d'adaptation de 15 jours (11 jours dans une loge et 4 jours dans une cage de digestibilité), les mesures proprement dites ont commencé à la 5<sup>e</sup> semaine et se sont achevées à la 11<sup>e</sup> semaine. Chaque résultat était relatif à un échantillon qui correspondait au fourrage offert pendant une semaine. Les quantités offertes et refusées ainsi que les quantités de fèces ont été pesées pendant 6 jours à l'intérieur de chaque semaine (du lundi au samedi). Chaque matin, l'herbe coupée et distribuée l'a été en deux repas espacés de 7 heures, soit le premier repas à 9 heures après le retrait des refus et le deuxième à 16 heures. Les fèces ont été conservées dans des seaux en plastique individuels en chambre froide. A la fin de chaque semaine, la quantité totale de fèces émises par chaque animal a été pesée.

### 2.2.3. Analyses bromatologiques

Des parties aliquotes de fèces individuelles et des fourrages offerts et refusés ont été séchées à l'étuve à 105 °C pendant 24 h pour estimer le taux de matière sèche (MS). Après un mélange homogène, suivi d'un broyage, un échantillon de 100 g de matière sèche a été prélevé pour les analyses bromatologiques, selon les méthodes décrites par Naumann et Bassler (1976). La détermination des matières minérales (MM) a été faite par pesée avant et après incinération totale de l'échantillon à 550 °C et la matière organique

(MO) a été déduite avec  $MO = 1000 - MM$ . La cellulose brute (CB) a été déterminée après attaques successives de l'échantillon par l'acide sulfurique à 0,26 N puis par une solution à 0,23 N de potasse à chaud. Les matières azotées ou MAT ( $N \times 6,25$ ) ont été obtenues par minéralisation de l'échantillon avec de l'acide sulfurique concentré dans des ballons de Kjeldahl à chaud, distillation et titration de l'azote. La Matière Grasse (MG) a été obtenue par extraction à l'éther de pétrole utilisant l'appareil de Soxhlet. L'énergie brute (EB), l'énergie digestible (ED) et l'énergie nette (ENV) et les valeurs en protéines vraies réellement digestibles dans l'intestin ( $PDI = PDIE$  (quantité de protéines digestibles dans l'intestin permise par l'énergie apportée par l'aliment) +  $PDIN$  (quantité de protéines digestibles dans l'intestin permise par l'azote apportée par l'aliment)) ont été calculées selon le système d'unités d'alimentation INRA 1978 (INRA, 1978).

#### 2.2.4. Détermination de la digestibilité des nutriments

La digestibilité de matière sèche (MS), de la matière organique (MO) et de la matière azotée du fourrage a été déterminée à partir du calcul de leur coefficient d'utilisation digestive apparent (CUDa).

$CUDa (\%) = (Quantité\ ingérée - Quantité\ excrétée) \times 100 / Quantité\ ingérée$

### 2.3. Analyse des données

Plusieurs paramètres ont été évalués à partir des données d'inventaires. Il s'agit de la richesse floristique et leurs contributions spécifiques, des caractéristiques nutritionnelles des repousses de jachère de savane et leurs valeurs énergétiques. Ces données ont fait l'objet d'une analyse de la variance suivie du test de Student - Newman - Keuls, au seuil de 5 % (procédure NESTED-SAS, SAS Institute Inc.).

## 3. Resultats

### 3.1. Composition phytosociologique

Au total, 18 espèces ont été identifiées. Elles sont réparties en 16 genres appartenant à 5 familles botaniques (Tableau I). La famille des Poaceae, mieux représentée, est constituée de 88,9 % de la flore totale avec 10 espèces. Les principales espèces rencontrées étaient, *Andropogon gayanus* Kunth (Poaceae), *Digitaria longiflora* (Retz.) Pers. (Poaceae), *Panicum phragmitoides* Stapf (Poaceae), *Sporobolus pyramidalis* P.Beauv. (Poaceae), *Spermacoce radiata* (DC.) Hiern (Rubiaceae). La liste de ces plantes a été corrigée à l'aide de la nomenclature moderne suivant l'APG IV grâce au site internet de [www.theplantlist.org](http://www.theplantlist.org).

**Tableau I.** Composition phytosociologique de la zone pastorale de Karakoro

N°	Espèces	Familles	Contribution spécifiques (%)
	<b>Graminées vivaces</b>		
1	<i>Andropogon gayanus</i> Kunth	Poaceae	50,6
2	<i>Hyparrhenia subplumosa</i> Stapf	Poaceae	3,2
3	<i>Panicum phragmitoides</i> Stapf	Poaceae	4,4
4	<i>Imperata cylindrica</i> P. Beauv.	Poaceae	1,3
5	<i>Ctenium newtonii</i> J.-P. Lebrun	Poaceae	0,6
6	<i>Cymbopogon schoenanthus</i> Rendle	Poaceae	0,6
7	<i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alston	Poaceae	1,3
8	<i>Sporobolus pyramidalis</i> P. Beauv.	Poaceae	3,5
	<b>Graminées annuelles</b>	Poaceae	
9	<i>Digitaria longflora</i> (Retz.) Pers.	Poaceae	20,9
10	<i>Digitaria delicatula</i> Stapf	Poaceae	2,5
	<b>Cypéracées</b>		
11	<i>Cyperus tenuiculmis</i> Boeckeler	Cyperaceae	1,3
12	<i>Bulbostylis barbata</i> (Rottb.) CBClarke	Cyperaceae	0,6
	<b>Légumineuses</b>		
13	<i>Senna mimosoides</i> (L.) Link	Fabaceae	3,2
14	<i>Zornia glochidiata</i> Rchb. ex. DC.	Fabaceae	0,6
15	<i>Indigofera paniculata</i> Pers.	Fabaceae	0,6
	<b>Autres plantes</b>		
16	<i>Spermacoce radiata</i> (DC.) Hiern	Rubiaceae	3,6
17	<i>Spermacoce octodon</i> (Hepper) Hakki	Rubiaceae	0,6
18	<i>Annona senegalensis</i> Pers.	Annonaceae	0,6
	<b>TOTAL</b>	<b>05</b>	<b>100</b>

### 3.2. Teneur en matière sèche

Au cours des 7 semaines d'étude, la teneur en matière sèche des repousses est passée de 23,9 % à 29,2 % (Tableau II).

### 3.3. Teneur en matières minérales

Pendant les 7 semaines d'étude du pâturage, la teneur en matières minérales (MM) de l'herbe s'est située entre 93 et 83 g/kg MS (Tableau II), les teneurs en calcium entre 2,1 et 3,1 g/kg MS et en phosphore entre 1,0 et 3,1 g/kg MS. Celle du sodium a varié entre 0,1 et 0,4 g/kg MS. Il n'apparaît pas de tendance nette d'évolution sur cette période.

### 3.4. Constituants organiques

La teneur en cellulose brute de l'herbe est d'emblée élevée et a varié entre 293 et 333 g/kg MS pendant l'essai, avec une tendance à l'augmentation avec l'âge de la repousse. Les teneurs en matières azotées totales (MAT) ont

évolué inversement, en passant assez régulièrement de 76 à 56,9 g/kg MS (Tableau II).

### 3.5. Digestibilité des nutriments

La digestibilité de la MS a eu tendance à diminuer, de 55,5 à 50 %, et la digestibilité de la MO est passée de 60,8 à 54,5 % (Tableau II). Quant au coefficient d'utilisation digestive des MAT (CUD), la tendance a aussi été à la diminution, 48,1 à 31,9 %.

**Tableau II.** Caractéristiques nutritionnelles des repousses de jachère de savane

Paramètres	Unités	Age des repousses (Semaines)						
		5	6	7	8	9	10	11
Matière sèche (%)	MS	23,9	24,8	27,3	28,6	28,9	29,0	29,2
Matières minérales (g/kg MS)	MM	90	87	87	83	93	91	92
	Ca	2,5	2,8	2,2	2,1	3,1	2,8	3,1
	P	1,7	2,8	0,4	0,7	3,1	1,4	1,0
	Na	0,1	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3
Constituants organiques (g/kg MS)	MO	910	913	913	917	907	909	908
	CB	306	293	324	332	315	325	333
	MAT	76,0	75,8	68,1	66,8	73,5	68,9	56,9
Digestibilité (%)	MS	52,6	55,4	54,0	55,5	52,5	51,6	50,0
	MO	60,7	60,8	59,8	60,4	58,4	58,9	54,5
	MAT	47,0	48,1	51,4	50,4	47,4	49,0	31,9
Teneurs en énergie (kcal/kg MS)	EB	4179	4194	4193	4209	4120	4174	4167
	ED	2401	2414	2329	2406	2272	2322	2134
	EM	1945	1955	1886	1949	1840	1881	1729
Teneur en énergie nette par kg MS	UFV	0,56	0,56	0,58	0,56	0,52	0,53	0,47
Valeur azotée (g/kg MS)	PDIE	68	68	64	65	65	64	57
	PDIN	49	49	44	44	48	45	37

MM : matières minérales ; Ca : calcium ; P : potassium ; Na : sodium ; MO : matières organiques ; CB : cellulose brute ; MAT : Matière azotée totale ; MS : Matière sèche ; MO : Matière organique ; EB : Energie brute ; ED : Energie digestible ; EM : Energie métabolisable ; UFV : Unité fourragère viande ; PDIE : quantité de protéines digestibles dans l'intestin permise par l'énergie apportée par l'aliment ; PDIN : quantité de protéines digestibles dans l'intestin permise par l'azote apportée par l'aliment

### 3.6. Valeur azotée

La teneur en matières azotées digestibles (MAD) a régulièrement baissé de la 5<sup>e</sup> à la 11<sup>e</sup> semaine pour passer de 57 à 22 g/kg MS. L'analyse de variance (Tableau III) a montré qu'à l'exception des 6<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> semaines qui ne présentaient pas de différence significative entre elles, les valeurs MAD obtenues étaient significativement différentes les unes des autres ( $P < 0,05$ ) particulièrement de la 5<sup>e</sup> à la 11<sup>e</sup> semaine d'âge des repousses.

### 3.7. Valeurs énergétiques

La teneur en énergie métabolisable de l'herbe a un peu diminué, de 1955 à 1729 kcal/kg MS au cours de la période d'étude. Pendant ce temps, la valeur énergétique nette a un peu baissé, passant de 0,67 à 0,63 UFL UFL et 0,56 à 0,47 UFV (Tableaux II et III). L'analyse de variance de la teneur du fourrage en UFL (Tableau III) montre peu de différences significatives entre les résultats, sauf pour ceux de la 5<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> semaine.

**Tableau III.** Comparaison des valeurs UFL et MAD

Temps	UFL (Moyennes ± écart type)	MAD (Moyennes ± écart type)
5 <sup>e</sup> semaine	0,67± 0,06 <sup>a</sup>	57,00± 5,75 <sup>a</sup>
6 <sup>e</sup> semaine	0,64± 0,04 <sup>b</sup>	50,00± 5,20 <sup>b</sup>
7 <sup>e</sup> semaine	0,67± 0,07 <sup>a</sup>	52,20± 5,40 <sup>b</sup>
8 <sup>e</sup> semaine	0,63± 0,04 <sup>b</sup>	32,00± 3,70 <sup>c</sup>
9 <sup>e</sup> semaine	0,63± 0,03 <sup>b</sup>	29,00± 3,25 <sup>d</sup>
10 <sup>e</sup> semaine	0,63± 0,05 <sup>b</sup>	22,00± 3,00 <sup>e</sup>
11 <sup>e</sup> semaine	0,64± 0,05 <sup>b</sup>	22,00± 4,86 <sup>f</sup>

Les valeurs moyennes indexées des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas statistiquement différentes selon le test de Student - Newman - Keuls, au seuil de 5 % ;  
MAD : Matière azotée digestible; UFL : Unité fourragère lait.

### 4. Discussion

L'étude du couvert herbacé de la parcelle a montré plusieurs espèces pastorales. Parmi ces espèces, les Poaceae fourragères sont les plus nombreuses, avec, principalement, *Andropogon gayanus* Kunth. La forte proportion des Poaceae (88,9 %) peut s'expliquer par le fait qu'elles possèdent une très grande possibilité de tallage et de repousse après broutage, qu'elles sont résistantes aux aléas climatiques et rarement atteintes par les maladies cryptogamiques (Salette, 1970). Ces espèces sont consommées par les bovins, les ovins et les caprins. La proportion élevée de *A. gayanus* (50,6 %) concourt au maintien d'une bonne nutrition durant l'année. C'est une espèce graminéenne pérenne caractérisée par l'existence sur une même touffe de pieds différents âges (Fournier *et al.*, 2000 ; Folorunso et Olaniyan, 2009).

Au niveau bromatologique, le vieillissement de ces espèces s'est accompagné d'une augmentation de la matière sèche de 5,3 %. L'augmentation de la teneur en matière sèche des fourrages est en partie responsable de la détérioration rapide de la qualité de ces fourrages, car ils se réduisent trop rapidement en paille. En revanche, peu de changements dans la teneur en calcium et en phosphore ont été observés. Dans une autre étude, Gupta *et al.* (1979) ont rapporté le même comportement du calcium et du phosphore lors de coupes successives de *Trifolium alexandrinum*. Le comportement du phosphore pourrait être lié à la composition du sol mais aussi à la diversité des plantes récoltées dans cette étude. Pour ce type de pâturage particulièrement pauvre en calcium et en phosphore, un apport exogène de ces éléments sous

forme de pierre ou de poudre à lécher est nécessaire pour ne pas compromettre la production animale utilisant ce fourrage.

La digestibilité de la MS et de la MO n'a pas subi de grandes variations en fonction de l'âge des repousses. Par contre, celle des MAT a subi une baisse sensible avec le temps. Cela est lié à la faiblesse du taux de MAT aux âges avancés de l'herbe (Vona et al., 1984). Au regard des valeurs énergétiques obtenues, ce fourrage (0,5 à 0,6 UF) est de bonne qualité entre la 5<sup>e</sup> et la 7<sup>e</sup> semaine. Il en est de même pour la matière azotée digestible (50 à 57 g/kg de MS) (Boudet, 1991). Contrairement à ce qui se passe dans les fourrages tempérés (Niang, 1982), la teneur en cellulose brute est élevée, même dans l'herbe jeune. Toutefois, pendant la période d'étude de l'herbe, le taux de cellulose brute a connu une croissance régulière, mais, relativement faible. En 7 semaines, la teneur en matières azotées du fourrage a diminué de près de 19,1 points et les matières azotées digestibles de 30,2 points, réduisant l'herbe à la valeur de paille. Ce comportement des fourrages tropicaux est probablement lié au climat. C'est la principale contrainte qui frappe les pâturages alors que, l'alimentation est le facteur le plus important dans la productivité des élevages (Mensah et al., 2006). En effet, la diminution trop rapide de l'azote dans ces fourrages fait que ce nutriment essentiel devient très vite un facteur limitant des productions animales si un complément azoté n'est pas apporté aux animaux.

Pendant que l'azote enregistre cette chute dans l'herbe, la valeur énergétique connaît un pic à 6 semaines et décroît légèrement pour se maintenir à une valeur correcte aux semaines suivantes. La classification de Boudet (1991) permet de dire que la savane étudiée est de bonne qualité du point de vue de sa valeur énergétique (UFV) à la 5<sup>e</sup> et à la 10<sup>e</sup> semaine d'âge des repousses et de qualité moyenne 11<sup>e</sup> semaine.

De par sa valeur azotée (MAD), ce pâturage peut être classé parmi les fourrages de savane de qualité plus ou moins moyenne. Néanmoins, il peut être qualifié de bonne qualité entre 5<sup>e</sup> à la 7<sup>e</sup> semaine. Au-delà de 8 semaines, il s'agit d'un fourrage de moyenne qualité qui, selon Boudet (1991), ne peut assurer les besoins d'entretien d'une UBT (Unité Bétail Tropical) et une production journalière pouvant atteindre 1 litre de lait ou un gain de poids vif de 100 g. Comme évoqué précédemment, ce pâturage est, particulièrement, pauvre en calcium et en phosphore. Un apport exogène de ces éléments sous forme de pierre ou de poudre à lécher est par conséquent nécessaire, si les productions animales utilisant ce fourrage ne veulent pas se voir compromise. Toujours en se référant à la classification de Boudet (1991), le fourrage étudié se caractérise par une bonne valeur énergétique qui se maintient pendant toute la durée de l'étude.

## 5. Conclusion

A l'issu de ce travail, il ressort que le pâturage étudié est composé principalement de la plante fourragère *A. gayanus*. La diminution, trop rapide de l'azote observée, a fait que ce nutriment essentiel est devenu très vite un facteur limitant des productions animales. Il est en de même pour le calcium et le phosphore qui sont caractérisées par de faibles quantités. Ces faibles valeurs de nutriments entraînent la baisse excessive de la qualité du fourrage par suite de l'avancement en âge des repousses. Néanmoins, il se caractérise par une bonne valeur énergétique qui se maintient pendant toute la durée de l'étude. Ce type de pâturage ne peut servir qu'à une production extensive de viande. Pour accroître la productivité des animaux utilisant ce type de fourrage, un apport exogène par une complémentation judicieuse et conséquente en minéraux (poudre ou pierre à lécher) est nécessaire, surtout en azote. L'apport en azote pourra se faire en introduisant de nouvelles espèces fourragères plus riches en protéine en sursemis telles que les légumineuses qui enrichiront du sol.

## Declaration des Contributions des Auteurs

Kgs Et Kbj Ont Participé A La Conception Et A La Planification De L'étude ; KGS, KBJ ont recueilli les données et rédigé la première version du manuscrit ; KBJ a participé à la planification de l'étude ; KGS et KAC ont effectué les analyses statistiques ; KKE et KNC ont révisé le manuscrit.

## References:

1. Adjanohoun E., 1962. Etude phytosociologique des savanes de basse Côte d'Ivoire (savane lagunaire). Végétation. Acta Geobotanica, 11 : 1-38. fdi:010056327  
<http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010056327>
2. Baumont R., Aufrère J. et Meschy F., 2009. La valeur alimentaire des fourrages : rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation. Fourrages, 198 : 153-173. HAL Id: hal-01173473 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01173473>
3. Boko A.N.N, Cissé G., Koné B., Dedy S.F., 2016. Croyances locales et stratégies d'adaptation aux variations climatiques à Korhogo (Côte d'Ivoire). Tropicultura, 34 (1) : 40-46. [http://vbd-environment.org/tdr-idrc/assets/documents/Project\\_E\\_Resources/MA02\\_Koidia-Boko\\_et\\_al\\_Tropicultura.pdf](http://vbd-environment.org/tdr-idrc/assets/documents/Project_E_Resources/MA02_Koidia-Boko_et_al_Tropicultura.pdf)
4. Boudet G., 1991. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. 4e Ed. IEMVT, Paris, 265 p.  
[https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers/18-07/07798.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers/18-07/07798.pdf)



5. Braun-Blanquet J., Conrad H. S., Fuller G. D., 1932. Plant sociology. The study of plant communities. New York, London; McGraw Hill, 472 p. doi <https://doi.org/10.5962/bhl.title.7161>
6. Cesar J., 1990. Etude de la production biologique des savanes de la Côte d'Ivoire et son utilisation par l'homme. Biomasse, valeur pastorale et production fourragère. Thèse Doct. Etat, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France, 672 p.
7. Folorunso A. E. et Olaniyan O. F., 2009. Comparative foliar epidermal studies in *Andropogon gayanus* Kunth and *Andropogon tectorum* (Schum & Thonn.) in Nigeria. – *Thaiszia – J. Bot.* 19 : 27-35 <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/3409>
8. Fournier A., Yoni M., et Zombre P., 2000. Les jachères à *Andropogon gayanus* en savane soudanienne dans l'ouest du Burkina Faso : flore, structure, déterminants et fonction dans l'écosystème. *Etude Flore et végétation. Burkina Faso*, 5: pp. 3-32 <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010022644>
9. Gupta P. C., Randhin S., Pradhan K., 1979. A note on the mineral contents of different cuttings of berseem. *Indian J. Anim. Sci.* 49 (6): 462-463
10. INRA., 1978. Alimentation des ruminants. Ed. INRA Publications, Route de St CYR, 78000 Versailles, 597 p.
11. Kindomihou V., Adandedjan C. et Sinsin B., 1998. Performances agronomiques et zootechniques d'associations d'espèces fourragères tropicales au Nord-Bénin (zone soudanienne) », *Culture fourragère et Développement durable en zone subhumide, Actes de l'atelier régional, Korhogo, 26-29 mai 1997*, 85-90.
12. Mensah G. A., Pomalegni S. C. B., Koudande O. D., Tonato V., Sagbohan E. H. G. D., Dahouenon A. E. et Kpera G. N., 2006. Préparation artisanale de granulés complets de fourrage verts et ingrédients alimentaires concentrés pour l'alimentation des aulacodes d'élevage en toutes saisons. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 54 : 17-18.
13. MIRAHA, 2014. Plan stratégique de développement de l'élevage, de la pêche et de l'aquaculture (PSDEPA 2014 – 2020). Tome I : Diagnostic – stratégie de développement – orientations, MIRAHA, CI, 96p. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ivc146471.pdf>
14. Kouao B. J. et Bodji N. C., 1992. Valeurs nutritives de trois ligneux commercialisés pour l'alimentation des petits ruminants en Côte d'Ivoire. Rapport IDESSA/DE, Bouaké, Côte d'Ivoire, 6p.



15. Kouao B. J., 1991. Evolution de la valeur nutritive de la savane en fonction de l'âge des repousses au centre de la Côte d'Ivoire. Bull. Anim. Hlth. Prod. Afr. 39: 321 – 325  
<http://www.ajol.info/index.php/aga/article/view/1600/10568>.
16. Kouassi A. F., 2013. Etude agrostologique et socio-économique des exploitations fourragères dans zones urbaines et périurbaines de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat à l'UFR Biosciences de l'Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan (Côte d'Ivoire), 177 p. <https://www.gibert.com/etude-agrostologique-et-socioeconomique-des-exploitations-fourrageres-9799127.html>
17. Naumann, C. and Bassler, R. (1976-2004) Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch, Volume III, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, Germany.
18. Niang I., 1982. Amélioration de la qualité des fourrages ligno-cellulosiques destinés à l'alimentation des ruminants domestiques. Traitement de la paille de riz par les champignons. Université de Dakar, Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires, 96 p.
19. Salette J. O., 1970. Les cultures fourragères tropicales et leurs possibilités d'intensification Fourrages, 43 : 91-105. <https://afpf-asso.fr/article/les-cultures-fourrageres-tropicales-et-leurs-possibilites-d-intensification>
20. Vona, L. C., Jung G. A. And Sharp W. C., 1984. Nutritive value of warm season grass hays for cattle and sheep. Digestibility, intake and mineral utilisation. Journal of animal science, 59: 1582 - 1583.  
<https://doi.org/10.2527/jas1984.5961582x>



## **Socioeconomic and Cultural Importance of The Yellow-Fronted Canary (*Serinus Mozambicus*) in Northern Benin**

***Adoté Hervé Gildas. Akueson***

Department of Natural Resources Management, Doctoral School of Agronomic and Water Sciences, University of Parakou, Parakou, Benin  
Unit of Applied Statistics and Informatics (USIA), Laboratory of Studies and Research in Forestry (LERF)

***Marcel Gbaguidi Alia***

Unit of Applied Statistics and Informatics (USIA), Laboratory of Studies and Research in Forestry (LERF)

***Sissou Zakari***

Department of Natural Resources Management, Doctoral School of Agronomic and Water Sciences, University of Parakou, Parakou, Benin  
Laboratory of Hydraulics and Environmental Modeling (HydroModE-Lab),  
Faculté d'Agronomie, University of Parakou, Parakou, Benin

***Arcadius Yves. Justin. Akossou***

Department of Natural Resources Management, Doctoral School of Agronomic and Water Sciences, University of Parakou, Parakou, Benin.  
Unit of Applied Statistics and Informatics (USIA), Laboratory of Studies and Research in Forestry (LERF)

[Doi:10.19044/esj.2021.v17n37p323](https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p323)

Submitted: 07 August 2021  
Accepted: 26 October 2021  
Published: 31 October 2021

Copyright 2021 Author(s)  
Under Creative Commons BY-NC-ND  
4.0 OPEN ACCESS

*Cite As:*

Akueson A.H.G., Gbaguidi Alia M., Zakari S. & Akossou A.Y.J. (2021). *Socioeconomic and Cultural Importance of The Yellow-Fronted Canary (Serinus Mozambicus) in Northern Benin*. European Scientific Journal, ESJ, 17(37), 323.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p323>

### **Abstract**

The species yellow-fronted canary undergoes a real traffic due to its song and medico-magical properties in order to supply local commercial networks. This study aims to assess the socioeconomic and cultural importance of this bird in order to identify the cohorts of actors involved along this activity chain. In this context a survey was carried out among 400 breeders in four agroecological zones of Benin (ZAE II; ZAE III, ZAE IV and ZAE V).

The questionnaire also focused on general characteristics of the respondents on aspects related to general knowledge of the bird, its social importance, purchase and sale price, cultural importance and breeders' perceptions. Canary traders, mostly with primary education level (63.25%) and Muslim (97.5%), were on average 44 years old and an average experience of 27 years. They exercised this activity in part-time (96.5%). The knowledge about canary is shared is different depending on the ethnic group. The activity was profitable for all of them (100%) with 128,624 FCFA (233.18 USD) net profit per month. The trader's education level, whether or not he belonged to ZAE II, the number of birds he had in his possession, the daily amount he invested in their food, their selling price, the number of years he made the activity, his experience in the business were the factors that determine the net profit of the canary's trader. However, canaries' breeding in north-Benin is based on a complex system with actors who develop many myths around medico-magical practices. This study was necessary to better assess the pressure on the species in order to anticipate its conservation.

---

**Keywords:** Communities, Knowledge, Profitability, Yellow-Fronted Canary, Benin

## **Introduction**

### **Background**

Animals are of social as well as economic interest for people. For example, poultry used in cockfighting and horse used for racing and rodeos. Others like the pangolin present an ethno-zoonic and commercial interest (Zanvo et al., 2021). Thus, animals have a very important place in the daily life of populations and each one values them according to his own feelings (Mongne, 2012). Birds play a very important role in the urbanization of cities (Konan et al. 2014). They are of particular interest in the social sciences (Guillo, 2015). Among these animals, birds are of particular importance and this depending on the use that humans make of them. They are valuable biological indicators for assessing certain types of disturbance in the natural environment (Yabi et al., 2017). They are also the best taxonomic resolution for studying changes in gallery forests (Seymour et al., 2015) and play a very important ecological role by dispersing seeds to ensure the survival of plants (Dorst, 1947). Bird watching has also been translated into mathematical equations for the purposes of scientific research (Markowitz et al., 2013). But it is not uncommon to find that the exploitation of avifauna is carried out blindly, without a clear conscience, without knowledge of the exact social and economic value that it provides (Bi et al., 2015). Among these birds, one has the yellow-fronted canary.

Yellow-fronted canary is mainly sought after for its song. It is used, like the rooster during cockfights. When betting games on the songs of two or more males, breeders look for the bird whose song is the most melodious and which has more so-called “sexy” syllables. Due to this game, breeding this bird becomes an important and popular activity in northern Benin.

In the face of the alarming deterioration of biodiversity, due in large part to human activities, and the observation of global changes, particularly climatic changes, it is imperative and urgent to conserve biodiversity (Gosselin et al., 2006). In fact, humans represent the main force of rapid change affecting livestock systems in general (Darghouth & Gharbi, 2011). Thus, knowledge of birds like the yellow-fronted canaries must necessarily be done in a participatory manner with grassroots populations in order to better understand their habits and customs and, in turn, to succeed in species conservation (Yaokokore-Beibro et al., 2010).

The conservation of resources is a topical concern and the success of this process requires the provision of a database aimed at enriching the scientific world with information on the biology and demography of most species (Akpona et al., 2007). In Benin, some studies were performed on the ethnozoological knowledge of some bird species (Lougbeignon, 2015), on the biodiversity and ecological distribution of avifauna (Lougbeignon et al., 2007) but no indexing has made any case of the importance of the use of Yellow-fronted canaries in sports activities which can generate considerable income. This study provides thus an overview on the use of yellow-fronted canaries as a source of income for the populations of North Benin.

## **Main Text**

### **Methods**

#### ***Study Area***

This study was conducted in the Districts of Bembèrèkè (10°13'30''N, 2°40'05''E), Djougou (9°42'00''N, 1°40'00''E), Kalalé (10°12'47''N, 3°08'20''E), Kandi (11°07'43''N, 2°56'13''E), N'dali (9°51'39''N, 2°43'05''E), Nikki (9°56'00''N, 3°12'30''E), Parakou (9°42'00''N, 1°40'00''E) and Tchaourou (8°53'00''N, 2°36'00''E). These localities are distributed in four agroecological zones in the Northern Benin (Figure 1). We chose these areas on the basis of their proximity with dense vegetation and watercourses. The presence of associations of breeders of this bird in the different agroecological zones was also considered. A total of eleven (11) sites were selected for the present study, and the sites spread across the eight (8) municipalities (Table 1).

The region of Kandi has a Sudanese climate with a dry season (November to April) and a rainy season (May to October). The region of Bembèrèkè, on the other hand, has a south-Sudanese continental climate

which gradually changes to the North Sudanese type in the far north. This climate is characterized by the succession in the year of a dry season (November to March) and a rainy season (May to October with maximums between July and August). The region of Kalalé has a savannah climate with much more rainfall in summer than in winter. N’dali has a lot of rainfall in the dry season than the rainy season, with an estimated average temperature of 26.8°C (over the year) and an average of 1023.6 mm of rainfall. In the region of Nikki, the rainy season is oppressive and overcast while the dry season is partly cloudy and the climate is very hot throughout the year. The region of Djougou is characterized by a savannah climate. As for Parakou, the dry season is humid and partly cloudy and the climate is very hot throughout the year, with a temperature varying from 17°C to 39°C during the year. In Tchaourou, the dry season is wet and partly cloudy and the climate is very hot throughout the year.

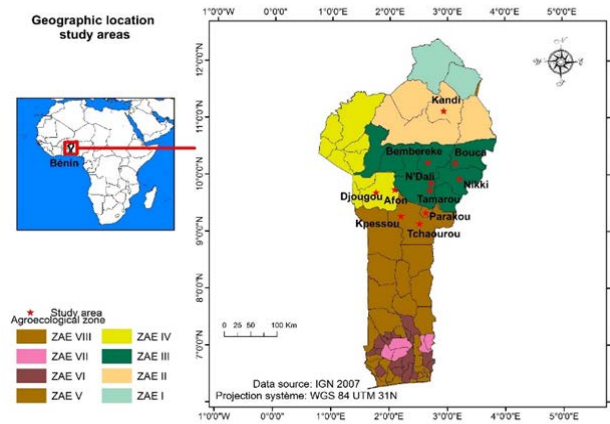


Figure 1. Map showing municipalities under study

Table 1. Locations visited by department

Departments	Municipality / Areas	Sites	Overall interviewed
Alibori	Kandi	Kandi Centre	50
Borgou	Bembèrèkè	Bembèrèkè Centre	50
		N'dali	N'dali Centre
		Tamarou	20
	Nikki	Nikki Centre	50
	Kalalé	Bouca	50
	Parakou	Parakou Centre	50
		Tchaourou	Sanson
		Kpéssou	25
Donga	Djougou	Afon	20
		Djougou Centre	30
<b>Overall</b>			<b>400</b>

## Data Collection

According to the methodology of Bi et al. (2015), the present study carried out a field survey from November 2019 to January 2020. Four hundred (400) people were purposely selected from the sampling sites (Table 1) were interviewed using semi-structured interviews with the breeders and direct observations in the breeders' houses. Apart from few people, the interviews were mostly done with groups of 4 to 5 breeders, without interference of the interviewer in the interlocutors' answers. A questionnaire considered aspects related to the general knowledge of yellow-fronted canaries, its social importance, its economic importance, its cultural importance and the perception of breeders on the breeding of yellow-fronted canaries. We used a flexible guide question checklist where new questions or lines of inquiry emerged throughout the interview.

## Data Analysis

The data analysis was performed using R statistical software (Version 4.0.0, R Core Team, 2020). The socio-professional characteristics were described using descriptive statistics tools (frequencies, means and coefficients of variation). Chi-square test was performed to check the relationship between different forms of knowledge sharing and sociolinguistic groups. Correspondence analysis (CA) was then carried out on these two variables using the following R packages: corrplot (Wei & Simko, 2017), ggplot2 (Wickham, 2016), FactoMineR (Lê et al., 2008) and factoextra (Kassambara & Mundt, 2020). The traders' operating account was established to analyze the commercial margins of canary's farmers in the different municipalities. The net margin of each trader was estimated using the following formula:

$$MN_i = 100 \times \frac{PN_i}{CA_i}$$

$$\text{With } CA_i = PV_i \times NV_i \quad \text{and} \quad PN_i = CA_i - CT_i$$

Where,  $MN_i$  = Net margin of the  $i$ -th trader,  $PN_i$  = Net Profit of the  $i$ -th trader,  $CA_i$  = Turnover of the  $i$ -th trader,  $PV_i$  = Average selling price of a bird by the  $i$ -th trader,  $NV_i$  = Number of birds sold by the  $i$ -th trader, and  $CT_i$  = Total charges of the  $i$ -th trader

Mean comparisons were computed using Student Newman-Keuls (SNK) test with agricolae package (de Mendiburu, 2020). A multiple linear regression model was fitted, combining variable selection method, to determine the factors that influence the net profit generated by the sale of canary. Finally, the frequency histograms were used to bring out the perceptions of the respondents on the different characteristics of the canary.

## Results

### Characterization of yellow-fronted canary traders according to municipality

The analysis of the socio-professional characteristics of the traders (Table 2) revealed that the majority of traders (63.25%) reached primary school except in Tchaourou where most of them (80%) had no level of education, but attended Koranic school in a literacy class. The traders were mostly married (94.25%) and belonged to Muslim religion (97.5%). They breed and sell canary as a secondary activity (96.5%), and were on average 44 years old with around 27 years of experience in this activity. The comparisons show that the traders from Kandi were significantly older than those of the other municipalities ( $p < 0.05$ , Table 3). The traders from Kandi also had more birds and professional experience compared to those from the other municipalities. ( $p < 0.05$ , Table 3).

**Table 2.** Qualitative characteristics (frequencies in %) of respondents following the municipality

Variables	Bembèrèkè	Djougou	Kalalé	Kandi	N'dali	Nikki	Parakou	Tchaourou	Overall
<i>Educational level</i>									
None	6	12	2	10	16	20	14	80	<b>20.00</b>
Primary	92	48	78	72	66	74	56	20	<b>63.25</b>
Middle / high school	2	28	16	14	12	2	20	-	<b>11.75</b>
University	-	12	4	4	6	4	10	-	<b>5.00</b>
<i>Non-formal education</i>									
Literacy class	60	-	30	10	30	10	12	100	<b>31.50</b>
Koranic school	96	8	100	100	100	96	12	100	<b>76.50</b>
<i>Marital status</i>									
Single	10	4	12	-	2	-	16	2	<b>5.75</b>
Married	90	96	88	100	98	100	84	98	<b>94.25</b>
<i>Religion</i>									
Animist	-	-	-	6	-	-	-	-	<b>0.75</b>
Christian	-	-	-	6	-	-	2	6	<b>1.75</b>
Muslim	100	100	100	88	100	100	98	94	<b>97.50</b>
<i>Ethnic group</i>									
Bariba	98	10	50	22	86	100	80	80	<b>65.75</b>
Dendi	-	42	-	54	14	-	6	6	<b>15.25</b>
Boo	-	-	50	-	-	-	-	-	<b>6.25</b>
Yom	-	36	-	-	-	-	2	-	<b>4.75</b>
Mokollé	-	-	-	24	-	-	-	-	<b>3.00</b>
Others (*)	2	12	-	-	-	-	12	14	<b>5.00</b>
<i>Main activity</i>									

Breeders	-	10	-	14	2	-	2	-	<b>3.50</b>
Non breeders	100	90	100	86	98	100	98	100	<b>96.50</b>

*Note: Others (\*) = Ethnic groups represented by less than 10 individuals in the sample (Yoruba, Lokpa, Fon, Adja, Otamari)*

**Table 3.** Quantitative characteristics (mean and coefficient of variation = CV in %) of respondents following the municipality

Variables		Bembereke	Djougou	Kalale	Kandi	Ndali	Nikki	Parakou	Tchaourou
Age	Mean	40.68 <sup>c</sup>	47.64 <sup>b</sup>	40.92 <sup>c</sup>	54.06 <sup>a</sup>	37.76 <sup>c</sup>	46.14 <sup>b</sup>	48.42 <sup>b</sup>	36.04 <sup>c</sup>
	CV (%)	26.80	23.47	24.21	19.90	25.95	16.43	28.28	28.95
Number of residence years in area	Mean	38.66 <sup>b</sup>	45.32 <sup>a</sup>	39.30 <sup>b</sup>	43.76 <sup>a</sup>	37.28 <sup>b</sup>	45.30 <sup>a</sup>	45.92 <sup>a</sup>	34.74 <sup>b</sup>
	CV (%)	27.80	25.00	24.85	24.25	27.45	17.47	29.19	27.42
Number of birds in possession	Mean	13.82 <sup>cd</sup>	11.92 <sup>cde</sup>	21.28 <sup>b</sup>	29.54 <sup>a</sup>	14.70 <sup>c</sup>	12.28 <sup>cde</sup>	10.52 <sup>e</sup>	11.42 <sup>de</sup>
	CV (%)	32.45	34.09	23.10	41.20	21.65	20.15	33.11	26.85
Number of years in the activity	Mean	23.96 <sup>cd</sup>	31.78 <sup>ab</sup>	26.94 <sup>bcd</sup>	34.58 <sup>a</sup>	22.22 <sup>d</sup>	27.80 <sup>bc</sup>	30.24 <sup>ab</sup>	17.72 <sup>e</sup>
	CV (%)	42.56	36.68	34.24	38.93	41.82	28.22	42.77	49.33
Number of working days per week	Mean	7.00 <sup>a</sup>	6.08 <sup>c</sup>	7.00 <sup>a</sup>	6.92 <sup>a</sup>	7.00 <sup>a</sup>	6.48 <sup>b</sup>	6.58 <sup>ab</sup>	6.68 <sup>ab</sup>
	CV (%)	0.00	22.99	0.00	4.87	0.00	16.40	15.53	15.97

*The values on the same line, followed by the same letters, were not significantly different at the level of 5% following the test of means comparison.*

### Local names of yellow-fronted canary and meaning

Yellow-fronted canary was well known by the local populations of the study area. The name of the species varied from one ethnic group to another (Table 4). It was generally called Tita by Bariba, Boo, Dendi, Mokollé, Ibaka by Yoruba, and even canary by Fon and Bariba. For other ethnic groups, the common name of canaries changes according to ethnic groups

**Table 4.** Local names of yellow-fronted canary and their meanings according to sociolinguistic groups

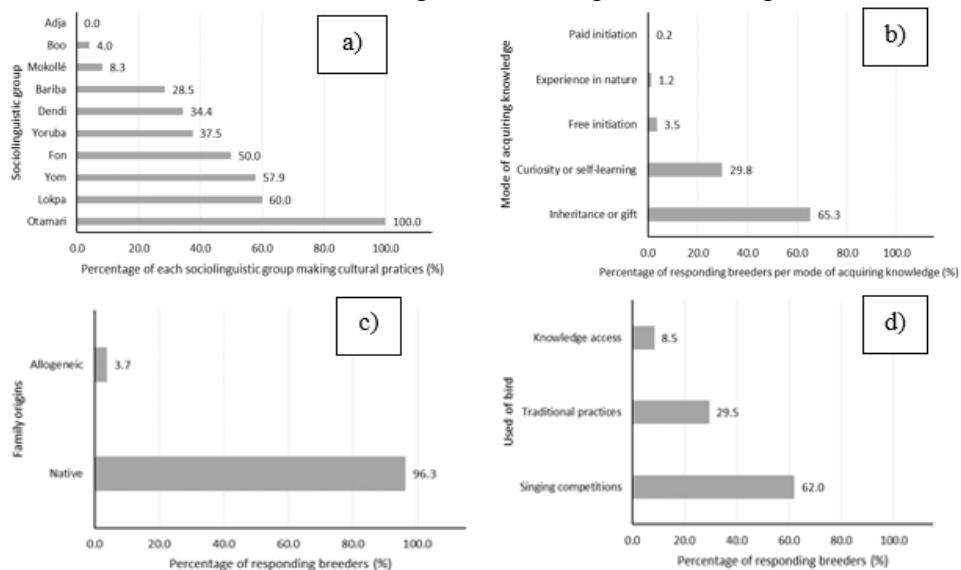
Sociolinguistic groups	Local names	Meanings
Bariba, Yoruba	Gbèdikou/Tita Ibaka	Which likes millet Which likes millet
Fon	Serin/Agbolivi	Which sings well
Boo, Dendi	Ti taê/Effekaénan Tita/Boulangakiro	Bird with powerful melodies/millet destroyed Bird



		Bird with powerful melodies/ Bird of <i>Vitellaria Paradoxa</i>
Adja,	Hévi	Which sings well
Mokollé	Tita/Kiro	Which sings in the rainy season
Lokpa, Otamari, Yom	Kome Inorbi Tamgnira	Birds very useful Which sings during the shea season and eat fonio Bird of <i>Vitellaria Paradoxa</i>

### Sociocultural importance of canary in the Northern Benin

Regarding to the cultural practices, the figure 2a shows that among the ethnic groups Otamari, Lokpa, Yom, and Fon, more than 50% of the population use yellow-fronted canary, unlike the ethnic groups Yorouba, Dendi, Bariba, Mokole and Boo. The knowledge acquirement about Yellow-fronted canary (figure 2b) was mainly by inheritance or gift (65.3%) and curiosity or self-learning (29.8%). Most of the families were native (96.3%, figure 2c) and this bird is used in traditional practices (29.5%, figure 2d) such as helping a child who does not speak quickly, starting with do it; for an adult to have a speech that catches the attention of his audience; the feathers would attract good luck; to be successful when you request a service or you go to your creditor or you apply for a post; during a long trip, a feather would protect you from possible road accidents. A large part of the captured yellow-fronted canaries were also used for singing competitions (62%, figure 2d), to see the bird with the most melodious song and resorting to a duel (figures 3a and 3b).

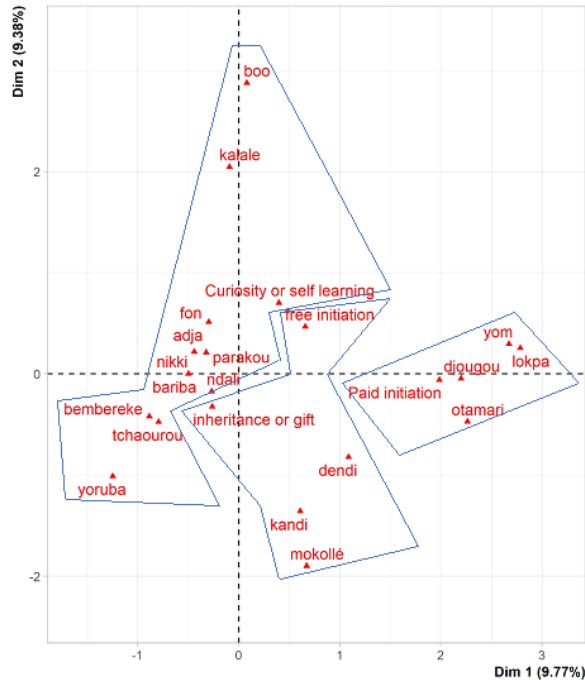


**Figure 2.** Cultural value and characteristics of knowledge about the Yellow-fronted canaries: a) proportions of each sociolinguistic group making cultural practices; b) mode of acquiring knowledge; c) family origins; d) used of the bir



**Figure 3.** Winners of the Yellow-fronted canaries singing competitions

In order to summarize and visualize the relationships between the sociolinguistic groups and the different forms of knowledge sharing (regarding the canary) as well as origins and mode of acquiring knowledge, the Multiple Correspondence Analysis (MCA) was performed (Figure 4). It emerges that the sociolinguistic groups Lokpa and Otamari from Djougou acquire their knowledge about the canary mainly through paid initiation; the sociolinguistic groups Adja, Boo, Fon, bariba, yoruba and Lokpa from Parakou, Ndali, Nikki, Tchaourou and Bembereke acquire their knowledge about the Canary mainly through curiosity or self-learning; finally the sociolinguistic groups Dendi and Mokollé from Kandi acquire this knowledge mainly through inheritance or gift or free initiation. In addition, the ethnics Adja and Fon share the acquired knowledge on the Canary with their close relative, children, parents, family and friends. The ethnics Lokpa, Yom and Otamari share them with their relatives, parents, family and friends. Boo and Mokollé share them with their children, parents and family. Bariba do it with their children while Dendi do it with their family. As for the Yoruba, they share this knowledge with their children and parents.



**Figure 4.** Relationship between knowledge sharing about the canary and ethnic groups in the first factorial map

**Analysis of the trade margins of Canary farmers in the municipalities of northern Benin**

The number of canary sold, their selling price, gross income, overall costs and the net profit of traders in the municipality of Kandi were significantly higher than those in other municipalities ( $p$ -value < 0.05) (table 5). However, the estimated net margin for traders in the municipality of Kandi was similar to that of traders in the municipalities of Bembèrèkè, N’dali, Nikki and Tchaourou. The average profit per month from the sale of canary was 128,624FCFA in the study area.

**Table 5.** Monthly operating accounts of traders according to agroecological zones

Variables		Bembèrèkè	Djougou	Kalalé	Kandi	N’dali	Nikki	Parakou	Tchaourou
Quantity sold	Mean	5.46 <sup>cd</sup>	4.80 <sup>d</sup>	8.76 <sup>b</sup>	11.40 <sup>a</sup>	6.74 <sup>bc</sup>	7.42 <sup>b</sup>	7.96 <sup>b</sup>	8.38 <sup>b</sup>
	CV (%)	63.78	44.29	45.69	67.74	38.21	35.36	38.84	31.83
Sale price (in thousands of FCFA)	Mean	27.40 <sup>b</sup>	6.80 <sup>f</sup>	15.60 <sup>c</sup>	33.60 <sup>a</sup>	15.98 <sup>e</sup>	10.68 <sup>de</sup>	13.36 <sup>cd</sup>	8.00 <sup>ef</sup>
	CV (%)	38.32	25.47	47.22	28.86	46.40	91.83	45.21	29.92
Gross income (thousands FCFA)	Mean	139.90 <sup>b</sup>	30.12 <sup>d</sup>	144.21 <sup>b</sup>	374.80 <sup>a</sup>	103.38 <sup>bc</sup>	80.60 <sup>bcd</sup>	107.60 <sup>bc</sup>	67.67 <sup>cd</sup>
	CV (%)	67.54	31.26	79.48	73.59	48.01	93.43	61.34	50.98
	Mean	2.81 <sup>c</sup>	1.52 <sup>e</sup>	3.29 <sup>b</sup>	3.69 <sup>a</sup>	2.00 <sup>d</sup>	1.51 <sup>e</sup>	3.23 <sup>b</sup>	1.26 <sup>f</sup>

Overall charge (thousands FCFA)	CV (%)	9.80	33.99	14.48	15.13	18.36	32.68	17.13	37.59
Estimated net margin (in %)	Mean	97.40 <sup>a</sup>	94.22 <sup>b</sup>	95.16 <sup>b</sup>	98.24 <sup>a</sup>	97.45 <sup>a</sup>	97.22 <sup>a</sup>	95.46 <sup>b</sup>	97.79 <sup>a</sup>
	CV (%)	1.24	3.52	6.98	1.54	1.68	1.97	3.53	1.30
Net profit (thousands FCFA)	Mean	137.09 <sup>b</sup>	28.60 <sup>d</sup>	140.93 <sup>b</sup>	371.11 <sup>a</sup>	101.38 <sup>bc</sup>	79.09 <sup>bcd</sup>	104.37 <sup>bc</sup>	66.42 <sup>cd</sup>
	CV (%)	68.90	32.96	81.25	74.27	49.04	95.16	63.25	51.85

*The values of the same line, followed by the same letters, were not significantly different at the level of 5% following the test of means comparison, CV=Variation coefficient*

### Determinants of the net profit generated by the sale of canary in the agroecological zones of North Benin

The outputs of the regression model estimated to identify the determinants of the net profit of canary traders, are presented in Table 6. Analysis of this table showed that the regression model was highly significant (p-value < 0.001). Thus, 52.75% of the variations in the net profit of the traders surveyed were explained by the variations of the variables introduced into the model. The results obtained indicated that two qualitative variables (ZAE II and niv\_instr) have a significant effect (p-value < 0.001) on the seller's net profit. Thus, the profit depends on the one hand on whether or not it belongs to agroecological zone II and, on the other hand, on whether or not having received an educational instruction. According to the quantitative variables, the average selling price and the daily amount invested in food were significant. In addition, the number of birds in possession had a positive and significant effect (p-value < 0.05) on the net profit of the seller.

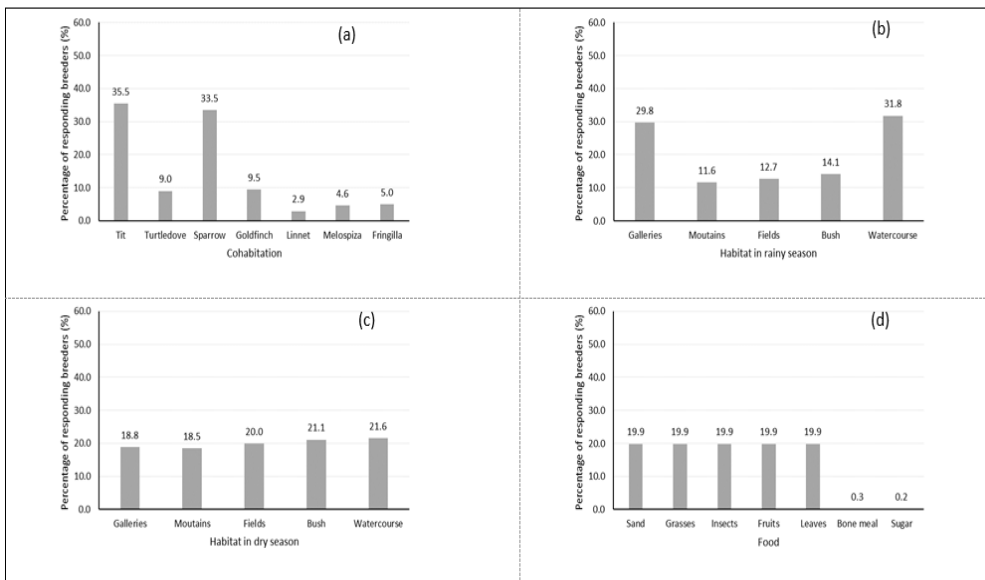
**Table 6.** Determinants of net profit from canary sale: results of the multiple linear regression model

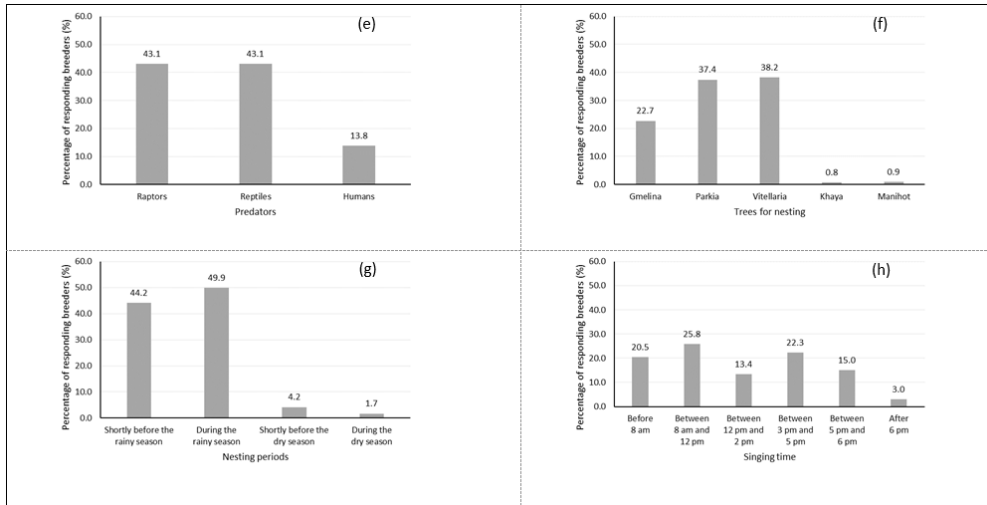
Variables	Description	Estimate	Standard error	t-value	p-value
Intercept					
AEZ2	Belonging to agroecological zone II (0 = no, 1 = yes)	99728.76	24458.22	4.08	< 0.001
niv_instr	Education level (0 = none, 1 = other)	-35657.46	13856.53	-2.57	0.010
nb_oiseau	Number of birds in possession	2293.46	862.57	2.66	0.008
prix_moy_vente	Average selling price of the species in FCFA	5.97	0.56	10.64	< 0.001
mont_invest_alim_jr	Daily amount invested in food in FCFA	2303.56	649.11	3.55	< 0.001
Response variable	Net profit of the trader in FCFA				

Number of observations	400				
Fisher's F statistic (F value)	62.53				
Degrees of freedom (DFs)	(DF1 = 7 ; DF2 = 392)				
p-value	< 0.001				
Adjusted coefficient of determination (R <sup>2</sup> a)	0.5275				

### Perceptions of breeders on the characteristics of the canary

The majority of respondents declared that Canary coexisted with the tit (35.5%) and the sparrow (33.5%) closed to rivers (Figure 5a). In the rainy season it was also present in watercourse (31.8%) and gallery forests (29.8%) (Figure 5b) while in the dry season it was found in watercourse (21.6%) and bush (21.1%) (Figure 5c). It fed mainly on sand, grasses, insects, fruits and leaves (19.9%, figure 5d). Its predators were mainly raptors and reptiles (43.1%, figure 5e). It preferably nested on plant species of the following taxonomic genera: *Vitellaria sp* (38.2%), *Parkia sp* (37.4%) and *Gmelina sp* (22.7%) (Figure 5f). Its nesting period took place during the rainy season (49.9%) or shortly before (44.2%) (Figure 5g). Finally, when he sings, the frequency peaks in the time slots were noted from 8 am to 12 pm (25.8%) and from 3 pm to 5 pm (22.3%) (Figure 5h).





**Figure 5.** Perceptions of breeders on the characteristics of the canary : (a = cohabitation; b = habitat in rainy season; c = habitat in dry season; d = food, e = predators; f = trees for nesting; g = nesting periods; h = singing periods)

## Discussion

Biodiversity in general and for birds in particular play an important role in the functioning of ecosystems and in the economic and social life of populations around the world. According to Blendel and Desmet (2018), as research models, birds have contributed more than any other group of animals to the construction of our knowledge of evolution, biogeography, ecology and systematics. On the other hand, if there is one area of knowledge about which we do not know much, it is that of the direct and indirect advantages and benefits that they provide us in everyday life, but also of the prejudices that they can sometimes cause us (Blendel and Desmet, 2018).

In Benin, the literature gives no information on the socio-economic and social importance of yellow-fronted canary. This fact can be explained by the myth that surrounds the breeding of the species, especially in the medico-magical field, thus making this breeding an activity generally reserved for insiders. Yellow-fronted canary is a bird species well known by the populations of the study area. The latter have a great deal of knowledge about the species (type of predator, nesting period, period of vocal intensity, type of habitat, type of diet, birds with which it cohabits). This is reflected in the local names that have been attributed to the species, often relating to its habitat, season of abundance, type of diet and vocal strength. In fact according to Mongne (2012) the names of birds are composed of associated roots (according to the agglutinant principle of the tongue) resulting from the description of the animal: appearance, color of the feathers, cry, gait, flight, food and habitat. With a few exceptions, the canary is referred to as "Tita" by

most ethnic groups in the study area although these groups come from different geographic areas. This is contrary to the assertions of Sanni et al (2017) and Zanvo et al (2021) who think that the uniformity of common names among ethnic groups located within the same geographic region could be due to the genealogical relationships between the sampled ethnic groups, which originate from the same ancestors and share similar languages. This uniformity could rather be explained by the demographic dominance of the Bariba and Dendi ethnic groups and by whom the first breeding was started and who very early attributed this vernacular name to the canary. Thus, other ethnic groups who probably had no knowledge of the animal were forced to adopt this term "Tita".

The knowledge listed by the local populations corroborates that mentioned by (Fry and Keith, 2004; Sinclair and Hockey, 1996). Indeed, according to Fry and Keith (2004), yellow-fronted canary prefers open woodlands and grasslands below 2300 m, but may also be found in a variety of other habitats including coastal scrub, mangroves, and sand dunes. They frequent cultivated lands where they take advantage of abundant sorghum, millet, and other grains. In terms of food, yellow-fronted canary feed primarily on seeds and insects. Termites, aphids, grasshoppers, and other insects are especially important during the breeding season when chicks demand a relatively high-protein diet. Other food items include leaves, fruit, petals, and nectar.

The knowledge of this bird, as well as its way of life by these ethnic groups can also be explained by the cohabitation and the transmission of endogenous knowledge between these groups evolving in the same geographical area for years on the one hand, and by the wide distribution of the species in its range on the other hand (Habou et al., 2020). The vast majority of actors operating in the exploitation of yellow-fronted canary in northern Benin do so primarily because of singing and secondly because of traditional practices. Unlike some species such as the pangolin, where it is the meat that is used in traditional medicine (Boakye et al 2014), in yellow-fronted canary it is feathers or parts of organs such as the tongue that enter into medicinal and magical compositions. This knowledge of animals by local populations has been highlighted by other authors, notably Yaokokore et al. (2010) who, by studying the ethnozoology of the mammalogical fauna of the Badenou classified forest, were able to show that the populations at the base have a very in-depth knowledge of the fauna in their environment. The methods of acquiring knowledge mentioned by the populations are, among others, transmission by inheritance, self-learning and initiation.

In the area of the present study, the invitation to capture yellow-fronted canary is made at a relatively advanced age (ie an average of 17 years). This is contrary to the assertions of Bi et al. (2015), who believe that the first contact



with animals, especially birds, occurs during childhood for the vast majority. The advanced age relative to first contact with the species can be explained by the fact that the latter is a very dressed and small species. This, therefore requires a certain maturity to be able not only to observe it, but also to capture it in the wild and take care of it. This relatively advanced age that breeders reach before embarking on this activity is an advantage for the protection of the species, because it helps to reduce anthropogenic pressure on it and to anticipate possible threats. Indeed, yellow-fronted canaries are categorized as a species of least concern on the IUCN Red List and a CITES Appendix III species. This classification is designed to "prevent or restrict exploitation" which, in this case, may result from excessive capture for the pet trade. Yellow-fronted canary also plays an important ecologically and economically role. Indeed, yellow-fronted canaries are important as seed predators and may act as prey for small raptors, snakes, and small, carnivorous mammals. Yellow-fronted canaries are a popular cagebird throughout the world. Yellow-fronted canaries may assist in controlling insect numbers around cultivated fields (Fry and Keith, 2004). However, *Yellow-fronted canaries* frequently feeds on cultivated grains. Although abundant and widespread, yellow-fronted canary generally forage in small groups and thus never threaten to wipe out a crop, but consistent feeding in farmlands may contribute to lower crop harvests.

Yellow-fronted canary is marked in the habits and customs of the Otamari, Lokpa, Yom, and Fon ethnic groups. The fact that most breeders have a minimum of education allows a form of protection of the animal, because the latter protect the animal against any slaughter, but instead opt for its breeding because of their song, which they believe would be, very therapeutic for humans.

The breeding of yellow-fronted canary has thus become an important activity in northern Benin. In addition to the socio-cultural aspects, the species is mainly sought after for its song. Thus, the most captured specimens are mostly young males due to their song. Because it's the young males can who sing mainly. Its importance due to the high profit that the local populations derive from it. This constitutes additional income and allows them to meet the various needs of their family. This activity takes on its importance especially in certain categories which do so to counter the drop in yield due to the effects of climate change. However, the activity is more important and generates more profit in agroecological zone II (Kandi municipality). This is linked to the abundance of the species in the area and would be due to environmental conditions and a much more diversified diet (insects, seeds, fruits, and so on). The presence of a stream (Alibori River) which crosses the area makes this abundance more important. The presence of the species in the area will be permanent and will constitute an advantage for the breeders, because yellow-



fronted canary is generally considered a resident species, even if the species may migrate short distances to stay close to the best food sources and to avoid bad weather conditions. These seasonal wanderings are particularly pronounced in the northern limits of their range (Fry and Keith, 2004; Moulton, 1993). Beyond the simple profit that the populations can make, there is, a not only cultural but also social attachment towards this bird. Recent studies by BirdLife International (2018) have shown that there are several reasons for the interest in birds and its reasons are as much cultural, artistic, philosophical as economic.

### **Conclusion**

This study conducted in the North of Benin focused on the ethnozoology of yellow-fronted canary and revealed the importance of the traditional (medicinal and spiritual) and economic values of yellow-fronted canary for local communities. Our results suggest that the local populations have a good knowledge of yellow-fronted canary and breed the species to obtain additional income. This breeding of yellow-fronted canary is becoming an increasingly profitable and expanding activity in the northern part of Benin. In order to anticipate possible threats to the species due to the scale of commercial activity, conserving yellow-fronted canary in Benin will require considering the multiple, cultural and economic drivers of the market. The study suggested the promotion and popularization of sustainable harvesting techniques to sustain the uses of the species.

### **References:**

1. Akpona, H. A., Mensah, G. A., & Sinsin, B. (2007). Rôle culturel et importance économique de la loutre à cou tacheté *Lutra maculicollis* au Sud-Bénin. *Bulletin de La Recherche Agronomique Du Bénin*, 57, 52–60.
2. Bi, T. M. K., Yaokokore-Beibro, H. K., Konan, E. M., Odoukpe, S. G. K., & Kouassi, K. P. (2015). Oiseaux comme outils d’initiation à la connaissance de la faune et du développement de la personnalité chez les Gouro de la Marahoué, centre ouest de la Cote d’Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 89, 8337–8347.
3. Birdlife International. (2018). Etat des populations d’oiseaux dans le monde : prenons le pouls de la planète. *Species factsheet Amazilia versicolor*.
4. Blendel, J., Desmet J-F. (2018). *Des oiseaux et des hommes : Fonctions écologiques et services écosystémiques*, Éditions Quæ.
5. Boakye, M.K., Pietersen, D.W., Kotzé, A., Dalton, D.L., & Jansen, R. (2014) Ethnomedicinal use of African pangolins by traditional medical practitioners in Sierra Leone. *J Ethnobiol Ethnomed.*, 76:1–10.

6. Darghouth, M. A., & Gharbi, M. (2011). Impact des mutations de l'environnement sur les maladies d'importance économique: Cas de l'élevage ovin en Tunisie. *Options Méditerranéennes*, 97(A97), 41–42.
7. de Mendiburu, F. (2020). agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. <https://cran.r-project.org/package=agricolae>
8. Dorst, J. (1947). Le rôle disséminateur des oiseaux dans la vie des plantes. *La Terre et La Vie*.
9. Fry, C., S. Keith. (2004). *The Birds of Africa: Volume VII*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
10. Gosselin, M., Valadon, A., Bergès, L., Dumas, Y., Gosselin, F., Baltzinger, C., & Archaux, F. (2006). Prise en compte de la biodiversité dans la gestion forestière: état des connaissances et recommandations. *irstea*.
11. Guillo, D. (2015). Quelle place faut-il faire aux animaux en sciences sociales? *Revue Française de Sociologie*, 56(1), 135–163.
12. Habou, M. K. A., Rabiou, H., Abdou, L., Mamadou, M. I., & Mahamane, A. (2020). Connaissances ethnobotaniques et importance socioculturelle de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. dans le Centre-Est du Niger. *Afrique SCIENCE*, 16(4), 239–252.
13. Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. <https://cran.r-project.org/package=factoextra>
14. Konan E. M, Yaokokore-Beibro K. H, Odoukpé K.S.G, Kouadja K.E. S. (2014). Avifaune de la ville de Yamoussoukro, Centre de Côte d'Ivoire. *Journal scientifique européen, ESJ* , 10 (33). <https://doi.org/10.19044/esj.2014.v10n33p%p>
15. Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: A Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
16. Lougbegnon, O. T. (2015). *Ecologie et connaissances ethnozoologiques de quelques espèces d'oiseaux gibiers menacés des écosystèmes du Sud du Bénin*. Université de Liège, Liège, Belgique.
17. Lougbegnon, T., Codjia, J. T. C., & Libois, R. (2007). Biodiversité et distribution écologique de l'avifaune des plantations du sud du Bénin. *Actes Du 1er Colloque de l'UAC Des Sciences Cultures et Technologies, Agronomie*, 47–67.
18. Markowitz, J. E., Ivie, E., Kligler, L., & Gardner, T. J. (2013). Long-range order in serin song. *PLoS Comput Biol*, 9(5), e1003052.
19. Mongne, P. (2012). In tototl in amanteca. Les oiseaux de la plumasserie aztèque. *Les Dossiers Du GEMESO*, 2.
20. Moulton, M. P. (1993). The All-or-none Pattern in Introduced Hawaiian Passeriforms: the Role of Competition Sustained. *The*

- American Naturalist, 141: 105-119.
21. R Core Team. (2020). R: A Language and Environment for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>.
  22. Sanni, M.A. (2017). Langues parlées au sein du ménage et assimilation linguistique au Bénin. *Cah Québécois Démogr.*, 46:219–39.
  23. Seymour, C. L., Simmons, R. E., Joseph, G. S., & Slingsby, J. A. (2015). On bird functional diversity: species richness and functional differentiation show contrasting responses to rainfall and vegetation structure in an arid landscape. *Ecosystems*, 18(6), 971–984.
  24. Sinclair, I., P. Hockey. 1996. *Birds of Southern Africa*. Cape Town: Struik Publishers.
  25. Wei, T., & Simko, V. (2017). R package “corrplot”: Visualization of a Correlation Matrix. <https://github.com/taiyun/corrplot>
  26. Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. <https://ggplot2.tidyverse.org>
  27. Yabi, F. B., Lougbegnon, T. O., & Codjia, J. T. C. (2017). Sélection des espèces indicatrices d’oiseaux des galeries forestières au Bénin (Afrique de l’Ouest). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(2), 651–669.
  28. Yaokokore-Beibro, H. K., Kasse, B. K., Soulemane, O., Koue-Bi, M. T., Kouassi, P. K., & Foua-Bi, K. (2010). Ethnozoologie de la faune mammalogique de la foret classée de badenou (Korhogo, Côte-d’Ivoire). *Agronomie Africaine*, 22(2).
  29. Zanzo, S., Djangoun, S. C. A. M., Azihou, F. A., Djossa, B., Sinsin, B., & Gaubert, Ph. (2021). Ethno-zoological and commercial drivers of the pangolin trade in Benin. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 17:18 <https://doi.org/10.1186/s13002-021-00446-z>