

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

*August 2023*

**European Scientific Institute, ESI**

*The content is peer reviewed*

**ESJ Natural/Life/Medical Sciences**

*August 2023 edition vol. 19, No. 24*

The content of this journal do not necessarily reflect the opinion or position of the European Scientific Institute. Neither the European Scientific Institute nor any person acting on its behalf is responsible for the use of the information contained in this publication.

ISSN: 1857-7431 (Online)

ISSN: 1857-7881 (Print)

---

## ***Generativity is a Core Value of the ESJ: A Decade of Growth***

Erik Erikson (1902-1994) was one of the great psychologists of the 20th century<sup>1</sup>. He explored the nature of personal human identity. Originally named Erik Homberger after his adoptive father, Dr. Theodore Homberger, he re-imagined his identity and re-named himself Erik Erikson (literally Erik son of Erik). Ironically, he rejected his adoptive father's wish to become a physician, never obtained a college degree, pursued independent studies under Anna Freud, and then taught at Harvard Medical School after emigrating from Germany to the United States. Erickson visualized human psychosocial development as eight successive life-cycle challenges. Each challenge was framed as a struggle between two outcomes, one desirable and one undesirable. The first two early development challenges were 'trust' versus 'mistrust' followed by 'autonomy' versus 'shame.' Importantly, he held that we face the challenge of **generativity** versus **stagnation in middle life**. This challenge concerns the desire to give back to society and leave a mark on the world. It is about the transition from acquiring and accumulating to providing and mentoring.

Founded in 2010, the European Scientific Journal is just reaching young adulthood. Nonetheless, **generativity** is one of our core values. As a Journal, we reject stagnation and continue to evolve to meet the needs of our contributors, our reviewers, and the academic community. We seek to innovate to meet the challenges of open-access academic publishing. For us,

---

<sup>1</sup> Hopkins, J. R. (1995). Erik Homburger Erikson (1902–1994). *American Psychologist*, 50(9), 796-797. doi:<http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.50.9.796>

generativity has a special meaning. We acknowledge an obligation to give back to the academic community, which has supported us over the past decade and made our initial growth possible. As part of our commitment to generativity, we are re-doubling our efforts in several key areas. First, we are committed to keeping our article processing fees as low as possible to make the ESJ affordable to scholars from all countries. Second, we remain committed to fair and agile peer review and are making further changes to shorten the time between submission and publication of worthy contributions. Third, we are looking actively at ways to eliminate the article processing charges for scholars coming from low GDP countries through a system of subsidies. Fourth, we are examining ways to create and strengthen partnerships with various academic institutions that will mutually benefit those institutions and the ESJ. Finally, through our commitment to publishing excellence, we reaffirm our membership in an open-access academic publishing community that actively contributes to the vitality of scholarship worldwide.

*Sincerely,*

***Daniel B. Hier, MD***

*European Scientific Journal (ESJ) Natural/Life/Medical Sciences*

*Editor in Chief*

---

# International Editorial Board

**Jose Noronha Rodrigues,**  
University of the Azores, Portugal

**Nino Kemertelidze,**  
Grigol Robakidze University, Georgia

**Jacques de Vos Malan,**  
University of Melbourne, Australia

**Franz-Rudolf Herber,**  
University of Saarland, Germany

**Annalisa Zanola,**  
University of Brescia, Italy

**Robert Szucs,**  
University of Debrecen, Hungary

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Anita Lidaka,**  
Liepaja University, Latvia

**Rania Zayed,**  
Cairo University, Egypt

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

**Lydia Ferrara,**  
University of Naples, Italy

**Byron A Brown,**  
Botswana Accountancy College, Botswana

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Adil Jamil,**  
Amman University, Jordan

**Habib Kazzi,**  
Lebanese University, Lebanon

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Driss Bouyahya,**  
University Moulay Ismail, Morocco

**William P. Fox,**  
Naval Postgraduate School, USA

**Rania Mohamed Hassan,**  
University of Montreal, Canada

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Bupinder Zutshi,**  
Jawaharlal Nehru University, India

**Pavel Krpalek,**  
University of Economics in Prague, Czech Republic

**Mondira Dutta,**  
Jawaharlal Nehru University, India

**Evelio Velis,**  
Barry University, USA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Emrah Cengiz,**  
Istanbul University, Turkey

**Francisco Raso Sanchez,**  
University of Granada, Spain

**Simone T. Hashiguti,**  
Federal University of Uberlandia, Brazil

**Tayeb Boutbouqalt,**  
University, Abdelmalek Essaadi, Morocco

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

**Ismail Ipek,**  
Istanbul Aydin University, Turkey

**Olena Kovalchuk,**  
National Technical University of Ukraine, Ukraine

**Oscar Garcia Gaitero,**  
University of La Rioja, Spain

**Alfonso Conde,**  
University of Granada, Spain

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

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

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

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

**Marco Mele,**  
Unint University, Italy

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

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

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

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

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

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

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

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

**Vera Komarova,**  
Daugavpils University, Latvia

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

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

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

**Georges Kpazai,**  
Laurentian University, Canada

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

**Natalia Sizochenko,**  
Dartmouth College, USA

**Michele Russo,**  
University of Catanzaro, Italy

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

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

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

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

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

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

**Aelita Skarbaliene,**  
Klaipeda University, Lithuania

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Fatma Koc,**  
Gazi University, Turkey

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

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

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

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

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

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

**Amarjit Singh,**  
Kurukshetra University, India

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

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

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

**Rokia Sanogo,**  
University USTTB, Mali

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

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

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

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

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

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

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

**Eyal Lewin,**  
Ariel University, Israel

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

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

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

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

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

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

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

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

**Massimo Mariani,**  
Libera Universita Mediterranea, Italy

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Ilknur Bayram,**  
Ankara University, Turkey

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

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

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

**Camille Habib,**  
Lebanese University, Lebanon

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Gamal Elgezeery,**  
Suez University, Egypt

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

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

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

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

**Alla Manga,**  
Universitey 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 Politecnica de Chimborazo, Ecuador

**T.M.S.P.K. Thennakoon,**  
University of Sri Jayewrdenepura, 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 Bolivar, Ecuador

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Nina Stankous,**  
National University, USA

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

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

**Karima Laamiri,**  
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

**Elena Hunt,**  
Laurentian University, Canada

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Satoru Suzuki,**  
Panasonic Corporation, Japan

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

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

**Nasreen Khan,**  
SZABIST, Dubai

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Alilouch Redouan,**  
Chouaib Doukkali University, Morocco

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

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

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

**Elham Mohammadi,**  
Curtin University, Australia

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

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

**Yue Cao,**  
Southeast University, China

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

**Asli Cazorla Milla,**  
University of the People, USA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Hadi Sutopo,**  
Topazart, Indonesia

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

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

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

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

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

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

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

**Amaya Epelde Larranaga,**  
University of Granada, Spain

**Franca Daniele,**  
“G. d’Annunzio” University, Chieti-Pescara, Italy

**Saly Sambou,**  
Cheikh Anta Diop University, Senegal

**Daniela Di Berardino,**  
University of Chieti-Pescara, Italy

**Dorjana Klosi,**  
University of Vlore “Ismail Qemali, Albania

**Abu Hamja,**  
Aalborg University, Denmark

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Fateh Mebarek-Oudina,**  
Skikda University, Algeria

**Nadia Mansour,**  
University of Sousse, Tunisia

**Jestoni Dulva Maniago,**  
Majmaah University, Saudi Arabia

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

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

**Enriko Ceko,**  
Wisdom University, Albania

**Laura Fischer,**  
National Autonomous University of Mexico, Mexico

**Mauro Berumen,**  
Caribbean University, Mexico

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

**Maria Carlota,**  
Autonomous University of Queretaro, Mexico

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

**Bhupendra Karki,**  
University of Louisville, Louisville, USA

**Evens Emmanuel,**  
University of Quisqueya, Haiti

**Iresha Madhavi Lakshman,**  
University of Colombo, Sri Lanka

**Francesco Scotognella,**  
Polytechnic University of Milan, Italy

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Usama Konbr,**  
Tanta University, Egypt

**Branislav Radeljic,**  
Necmettin Erbakan University, Turkey

**Anita Mandaric Vukusic,**  
University of Split, Croatia

**Barbara Cappuzzo,**  
University of Palermo, Italy

**Roman Jimenez Vera,**  
Juarez Autonomous University of Tabasco, Mexico

**Lucia P. Romero Mariscal,**  
University of Almeria, Spain

**Pedro Antonio Martin-Cervantes,**  
University of Almeria, Spain

**Hasan Abd Ali Khudhair,**  
Southern Technical University, Iraq

**Qanqom Amira,**  
Ibn Zohr University, Morocco

**Farid Samir Benavides Vanegas,**  
Catholic University of Colombia, Colombia

**Nedret Kuran Burcoglu,**  
Emeritus of Bogazici University, Turkey

**Julio Costa Pinto,**  
University of Santiago de Compostela, Spain

**Satish Kumar,**  
Dire Dawa University, Ethiopia

**Favio Farinella,**  
National University of Mar del Plata, Argentina

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

**Salwa Alinat,**  
Open University, Israel

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

**Rasool Bukhsh Mirjat,**  
Senior Civil Judge, Islamabad, Pakistan

**Samantha Goncalves Mancini Ramos,**  
Londrina State University, Brazil

**Mykola Nesprava,**  
Dnoproetrovsk State University of Internal Affairs, Ukraine

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

**Giacomo Buoncompagni,**  
University of Florence, Italy

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

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

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

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

**Luisa Maria Arvide Cambra,**  
University of Almeria, Spain

**Charahabil Mohamed Mahamoud,**  
University Assane Seck of Ziguinchor, Senegal

**Ehsaneh Nejad Mohammad Nameghi,**  
Islamic Azad University, Iran  
**Mohamed Elsayed Elnaggar,**  
The National Egyptian E-Learning University , Egypt

**Said Kammas,**  
Business & Management High School, Tangier, Morocco

**Harouna Issa Amadou,**  
Abdou Moumouni University of Niger

**Achille Magloire Ngah,**  
Yaounde University II, Cameroun

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

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

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

**Oumar Bah,**  
Sup' Management, Mali

**Angelica Selene Sterling Zozoaga,**  
Universidad del Caribe, Mexico

**Josephine W. Gitome,**  
Kenyatta University, Kenya

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

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

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

**Desara Dushi,**  
Vrije Universiteit Brussel, Belgium

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

**Aziz Dieng,**  
University of Portsmouth, UK

**Ruth Magdalena Gallegos Torres,**  
Universidad Autonoma de Queretaro, Mexico

**Atanga Essama Michel Barnabé,**  
Université de Bertoua, Cameroun

**Alami Hasnaa,**  
Universite Chouaid Doukkali, Maroc

**Emmanuel Acquah-Sam,**  
Wisconsin International University College, Ghana

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

**Hicham Chairi,**  
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

**Noureddine El Aouad,**  
University Abdelmalek Essaady, Morocco

**Samir Diouny,**  
Hassan II University, Casablanca, Morocco

**Gibet Tani Hicham,**  
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

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

**Abderrahim Ayad,**  
Abdelmalek Essaadi University, Morocco

**Sara Teidj,**  
Moulay Ismail University Meknes, Morocco

**Gbadamassi Fousséni,**  
Université de Parakou, Benin

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

**Haounati Redouane,**  
Ibn Zohr Agadir, Morocco

**Hicham Es-soufi,**  
Moulay Ismail University, Morocco

**Imad Ait Lhassan,**  
Abdelmalek Essaâdi University, Morocco

**Givi Makalatia,**  
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

**Adil Brouri,**  
Moulay Ismail University, Morocco

**Noureddine El Baraka,**  
Ibn Zohr University, Morocco

**Ahmed Aberqi,**  
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

**Oussama Mahboub,**  
Queens University, Kingston, Canada

**Markela Muca,**  
University of Tirana, Albania

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

**Kledi Xhaxhiu,**  
University of Tirana, Albania

**Saleem Iqbal,**  
University of Balochistan Quetta, Pakistan

**Dritan Topi,**  
University of Tirana, Albania

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

**Adil Youssef Sayeh,**  
Chouaib Doukkali University, Morocco

**Zineb Tribak,**  
Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco

**Ngwengeh Brendaline Beloke,**  
University of Biea, Cameroon

**El Agy Fatima,**  
Sidi Mohamed Ben Abdelah University, Morocco

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

**Nato Durglishvili,**  
University of Georgia, Georgia

**Abdelkrim Salim,**  
Hassiba Benbouali University of Chlef, Algeria

**Omar Kchit,**  
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

**Isaac Ogundu,**  
Ignatius Ajuru University of Education, Nigeria

**Giuseppe Lanza,**  
University of Catania, Italy

**Monssif Najim,**  
Ibn Zohr University, Morocco

**Luan Bekteshi,**  
“Barleti” University, Albania

**Malika Belkacemi,**  
Djillali Liabes, University of Sidi Bel Abbas, Algeria

**Oudani Hassan,**  
University Ibn Zohr Agadir, Morocco

**Merita Rumano,**  
University of Tirana, Albania

**Mohamed Chiban,**  
Ibn Zohr University, Morocco

**Tal Pavel,**  
The Institute for Cyber Policy Studies, Israel

**Jawad Laadraoui,**  
University Cadi Ayyad of Marrakech, Morocco

**El Mourabit Youssef,**  
Ibn Zohr University, Morocco

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

**Krzysztof Nesterowicz,**  
Ludovika-University of Public Service, Hungary

**Laamrani El Idrissi Safae,**  
Ibn Tofail University, Morocco

**Suphi Ural,**  
Cukurova University, Turkey

**Emrah Eray Akca,**  
Istanbul Aydin University, Turkey

**Selcuk Poyraz,**  
Adiyaman University, Turkey

**Ocak Gurbuz,**  
University of Afyon Kocatepe, Turkey

**Umut Sener,**  
Aksaray University, Turkey

**Mateen Abbas,**  
Capital University of Science and Technology, Pakistan

**Muhammed Bilgehan Aytac,**  
Aksaray University, Turkey

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

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

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

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

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

**Atif Ali,**  
COMSATS University Islamabad, Pakistan

**Shahzda Adnan,**  
Pakistan Meteorological Department, Pakistan

**Waqar Ahmed,**  
Johns Hopkins University, USA

**Faizan ur Rehman Qaiser,**  
COMSATS University Islamabad, Pakistan

**Choua Ouchemi,**  
Université de N'Djaména, Tchad

**Syed Tallataf Hussain Shah,**  
COMSATS University Islamabad, Pakistan

**Saeed Ahmed,**  
University of Management and Technology, Pakistan

**Hafiz Muhammad Arshad,**  
COMSATS University Islamabad, Pakistan

**Johana Hajdini,**  
University “G. d’Annunzio” of Chieti-Pescara, Italy

**Mujeeb Ur Rehman,**  
York St John University, UK

**Noshaba Zulfiqar,**  
University of Wah, Pakistan

**Muhammad Imran Shah,**  
Government College University Faisalabad, Pakistan

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

**Titilayo Olotu,**  
Kent State University, Ohio, USA

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

**Sajjad Ali,**  
Karakoram International University, Pakistan

**Hiqmet Kamberaj,**  
International Balkan University, Macedonia

**Sanna Ullah,**  
University of Central Punjab Lahore, Pakistan

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

**Heba Mostafa Mohamed,**  
Beni Suef University, Egypt

**Abdul Basit,**  
Zhejiang University, China

**Karim Iddouch,**  
International University of Casablanca, Morocco

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

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

**Dolantina Hyka,**  
Mediterranean University of Albania

**Yaya Dosso,**  
Alassane Ouattara University, Ivory Coast

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

**Ahmed Aberqi,**  
Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Morocco

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

**Soumaya Outellou,**  
ENCG-Ibn Tofail University-Kenitra, Morocco

# Table of Contents:

**First Isolation and Identification of Agriphages in Vegetable Crops in West Africa (Côte d’Ivoire): Potential Uses of Biocontrol in Plants.....1**

*Akou Emmanuella Adioumani*

*Solange Kakou-Ngazoa*

*Noel David Trebissou Jonhson*

*Martin Thibaut*

*Addabah Audrey*

*Koudu Aristide*

*Sina K. Mireille*

*Aoussi Serge*

*Dosso Mireille*

**Onsite Load Bearing Capacity of Curved-up versus Straight Beams.....15**

*Kanaan Youkhanna*

**Une Recette Utilisée dans le Traitement Traditionnel des Troubles du Sevrage des Enfants au Mali.....26**

*Mamadou Lamine Diarra*

*Adama Dénou*

*Daouda Dembélé*

*Djeneba Traoré*

*Rokia Sanogo*

**Comparative Study of Two Monoterpenes Effect on Rhipicephalus  
microplus Tick.....34**

*Anass Coulibaly*

*Delphine M. Hema*

*Martin Kiendrebeogo*

*Roger C.H. Nebie*

**Cancer de la Prostate Révélé par un Myélogramme Pathologique: A  
Propos d'Un Cas.....46**

*Anne Stredy Mkoh Dikao*

*Michel Michael Agounkpe*

*Jules Bruno Djiepti*

*Roland Milolo Sance*

*Magloire Yévi*

*Fred Hodonou*

*Justin Dehoumon*

*Josue Dejinnin Georges Avakoudjo*

**Production du Mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] sur des Sols Enrichis  
par la Boue Résiduaire, la Fumure Bovine et l'Engrais Chimique  
NPK.....55**

*Ibrahim Soumaïla Siddo*

*Mahaman Moustapha Adamou*

*Djibril Idrissa Guisso Maïga*

*Moussa Barrage*

*Mahamadou Boubacar Kourido*

**Diversité Floristique, Croissance et Qualité du Bois de Cedrela odorata L. (Meliaceae) et Gmelina arborea Roxb (Verbenaceae) dans Différents Systèmes de Reboisement dans la Forêt Classée de la Besso (Sud-Est de la Côte d'Ivoire).....69**

*Noufou Doudjo Ouattara*

*Eric Gnahore*

*Mathieu Dogba*

*Dokalnan Coulibaly*

*Adama Bakayoko*

**Effet de l'Enrobage des Semences de Maïs (Zea mays L.) avec Trichoderma harzianum sur la Levée et la Croissance des Plantules au Burkina Faso.....90**

*Dabiré Tobdem Gaston*

*Sanou Amadou*

*Bonzi Schémaéza*

*Somda Irénée*

**Perception et Prédiction future des Changements Climatiques par les Agriculteurs de Materi et Leurs Impacts sur la Production Agricole.....111**

*Alain Oloni Agani*

*Gauthier Biaou*

*Anne Floquet*

*Afio Zannou*

*Laurent G. Houessou*

**Caractérisation Agronomique des Arbres Performants d'Anacardiérs  
(Anacardium occidentale L.), Sélectionnés dans les Zones de Production  
au Togo.....141**

*Tékondo Banla*

*Agnassim Banito*

*Thierry Dèhouégnon Houhenao*

*Kossi Essodina Kpemoa*

*Sani Mama Songai*

*Pouwéréou Tchalla*

*Kouami Kokou*

*Koffi Koba*

*Komla Sanda*

*Essohouna Ago Kadai*

**Données Préliminaires Sur les Oiseaux du Campus Universitaire Peleforo  
Gon Coulibaly de Korhogo, dans le Septentrion de la Côte  
d'Ivoire.....161**

*Konan Ekoun Michaël*

*Niamien Coffi Jean Magloire*

*Guetonde Valérie Florence*

*Approu Sombro Oscar*

*Yaokokore Bébro Kouassi Hilaire*

**Exploración de una Técnica Enológica para la Elaboración de Vino a partir de Uva Silvestre *Vitis tiliifolia* en Ambientes Controlados.....185**

*Marco Antonio Rosas-Leyva*

*Isaac Sánchez-Anastacio*

*Julio Díaz-José*

*Juan Carlos Rojas-Martínez*

*Francisco Javier Mejía-Ochoa*

**Petrographic and Geochemical Characteristics of the Djabatoure Massif Metamagmatites from the Pan-African Orogen in Central Togo, West Africa.....198**

*Sarakawa Abalo Malibida Kpanzou*

*Gnanwasou Alayi*

*Yao Agbossoumondé*

*Mahaman Sani Tairou*

*José María González-Jiménez*

*Antonio Garcia-Casco*

**Effet de l'apiculture sur les Plantations d'anacardiens (*Anacardium Occidentale* L.) dans les Regions de Sedhiou et Kolda au Sud du Senegal.....222**

*Athanase Diatta*

*Mohamed Mahamoud Charahabil*

*Landing Ndiaye*

**Towards Broadcasting Linear Content Over 5G Network.....246**

*Olimpjon Shurdi*

*Algenti Lala*

**Effet de la nature du substrat sur le développement des plants de palmier  
à huile C1001F (Elaeis Guineensis Jacq.) en condition de stress  
hydrique.....262**

*Gogoue Dessan Obed*

*N'Guessan Assiénin Hauverset*

*Niamchkechi Jule Leonce*

*Adou Bini Christophe*

*Sekou Diabate*



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **First Isolation and Identification of Agriphages in Vegetable Crops in West Africa (Côte d'Ivoire): Potential Uses of Biocontrol in Plants**

***Adioumani Akou Emmanuella***

Institut Pasteur de Cote d'Ivoire, Plateforme de Biologie Moléculaire  
Universite Felix Houphouet Boigny, Laboratoire de Biologie Fonctionnelle  
et Moléculaire, Côte d'Ivoire

***Kakou-Ngazoa Solange***

***Trebissou Jonhson Noel David***

Universite Felix Houphouet Boigny,  
Laboratoire de Biologie Fonctionnelle et Moléculaire, Côte d'Ivoire

***Martin Thibaut***

CIRAD, UR Hortsys, Universite de Montpellier, Montpellier, France

***Addabah Audrey***

Institut Pasteur de Cote d'Ivoire, Plateforme de Biologie Moléculaire  
Universite Felix Houphouet Boigny, Laboratoire de Biologie Fonctionnelle  
et Moléculaire, Côte d'Ivoire

***Koudu Aristide***

***Sina K. Mireille***

***Aoussi Serge***

***Dosso Mireille***

Institut Pasteur de Cote d'Ivoire,  
Plateforme de Biologie Moléculaire, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p1](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p1)

Submitted: 20 July 2022

Accepted: 09 August 2023

Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Adioumani A.E., Kakou-Ngazoa S., Trebissou J.N.D., Thibaut M., Addabah A., Aristide K., Mireille S.K., Serge A. & Mireille D. (2023). *First Isolation and Identification of Agriphages in Vegetable Crops in West Africa (Côte d'Ivoire): Potential Uses of Biocontrol in Plants*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p1>

### **Abstract**

Agriphages or bacterial viruses are ubiquitous in the environment. The discovery of virulent phages against phyto-bacteria improves crop growth and proposes biopesticide uses for plant diseases. In Africa, many phyto-bacteria

such as *Ralstonia*, *Clavibacter*, and *Xanthomonas* were reported in several regions. This paper focuses on evaluating the presence of agriphages for the biocontrol of phyto-bacteria in Côte d'Ivoire. Leaves and soil samples were collected from healthy and diseased plants in three sites located in Anyama, Abidjan, and Bingerville. The pretreatments occurred with sterile and physiological water for leaves and soil samples, respectively. The isolation of agriphages was done on specific media with *Xanthomonas campestris* as bacterial host. Lytic activity was tested on agar media for five bacteria strains. After DNA extraction using the Qiagen method kit, molecular confirmation of agriphages was done by Random Amplified Polymorphic DNA-PCR. From this study, five (5) agriphages were isolated in soil and leaves in site 2. These agriphages have all been isolated from *Xanthomonas campestris* and have a broad spectrum of lytic activity. Molecular characterization by RAPD-PCR showed that three of these agriphages are DNA phages. The dendrogram showed that phages  $\Phi$ XanS1 and  $\Phi$ XanS2 have 93% similarities, while  $\Phi$ XanS1 and  $\Phi$ XanS2 are 62% similar to  $\Phi$ XanF1. This study is the first reported agriphages in West Africa, alongside their potential uses against phyto-bacteria for biocontrol infection in crops.

---

**Keywords:** Agriphages, Vegetable crops, RAPD-PCR, West Africa, Phyto-bacteria

## 1. Introduction

Phyto-bacteria are responsible for several plant diseases worldwide, which results to losses of economic importance. These losses in current agricultural production are estimated at 1.3 billion tonnes per year. The impact is implicated in the food chain, from production to consumption (Zaczek-Moczyłowska et al., 2020).

In sub-Saharan Africa, market gardening represents an important sector of activity because of the nutritional material produced, as well as the source of income it provides (Djeto-Lordon, 2007). In Côte d'Ivoire, the market gardening of vegetables represents on average 27% of the gross national product (GDP). Also, the demand for vegetables such as tomatoes, eggplants, and bell pepper is increasing due to population growth. The increase in the production of these foodstuffs causes the growth of phyto-bacteria in these crops.

The use of chemical phytosanitary products has made it possible to limit the extent of the damage caused by phyto-bacteria. However, phytosanitary products of chemical origin have proven to be ineffective over time in eliminating bacteria. They have adverse effects on human and environmental health (FAO, 2015) for consumers and also promote multi-resistance (Jovana et al., 2014). Many phytosanitary products such as copper

also present several environmental risks such as phytotoxicity, negative effects on pollinating insects, bioaccumulation in soil and surface waters, as well as the reduction of microbial diversity (Vloek et al., 2018; Wang et al., 2019; Alengebawy et al., 2021).

Faced with these drawbacks, the use of environmentally friendly phytosanitary products becomes essential. Subsequently, using phytosanitary products of biological origin such as agricultural production, resistant plant varieties, or biopesticides makes it possible to defeat pests while respecting nature. Microbial biopesticides are ecologically more compatible than chemical products and have increased specificity towards the pathogens against which they are directed. Among the biopesticides are agriphages.

Agriphages are ubiquitous in the environment. As a result, humans, animals, and plants are exposed to them daily without any danger. Agriphages persist in an environment when their bacterial hosts are accessible to them. Frequently, the phage has a narrow host range, restricted to a well-defined bacterial species. The discovery of virulent phages against certain phytopathogenic bacteria would help improve crop growth (Buttimer et al., 2017).

The elaboration of the phage cocktail allows increase in their efficiency. The isolation of phages is less expensive and easier for tropical countries. However, in West Africa, no agriphage has been reported and their use is unknown. This study aims to evaluate the presence of agriphages in Côte d'Ivoire to control some phyto-bacteria.

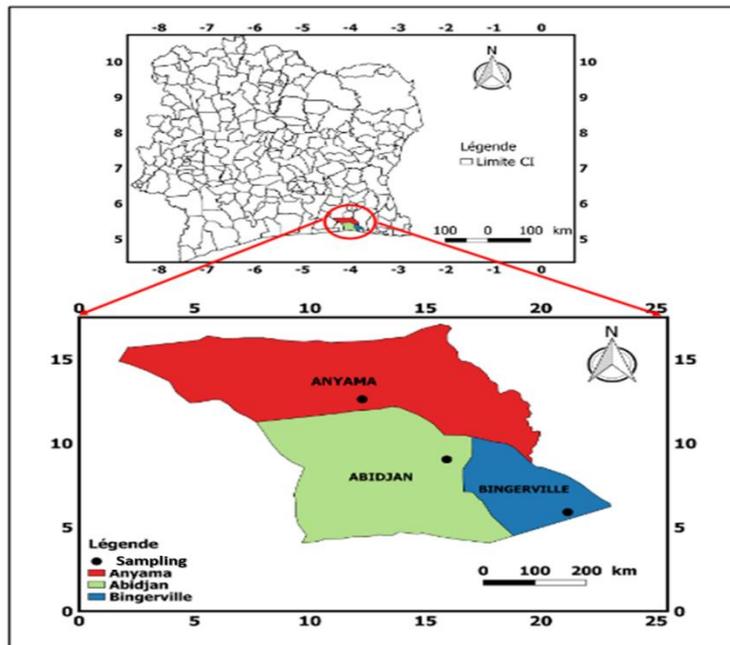
## **1. Material and Methods**

### **2.1 Sites of Study**

This study is an experimental with tree based agro-systems in the field. The sampling sites were all biological fields and no chemical products were used. Site 1 was located in a forest area in the city of Anyama. Soils, eggplant leaves, and chili samples were collected in this site. Site 2 was located in an urban area (Abidjan City) for the sampling of soil and tomato leaves. Site 3 was located in a peri-urban area of the city of Bingerville. Soil, tomato, and eggplant leaf samples were collected at site 3 (*Figures 1 & 2*).



**Figure 1.** Sampling sites of the study  
A: Field for sampling in Anyama (Site 1)  
B: Field for sampling in Abidjan (Site 2)  
C: Field for sampling in Bingerville (Site 3)



**Figure 2.** Geographical location of sampling sites (Source: CNTIG, 2022 QGIS 3.10)

## 2.2 Collection of Samples

Soils and leaves (6) samples were collected from three biological fields around Abidjan city. Leaves from eggplants, tomatoes, and peppers were collected at this site. Soil samples (10g) were taken from the base of each plant at the depth of 15cm (Popoola et al., 2015). The leaves were cut off at the base of the petiole (Gracelin et al., 2012).

### 2.3 Bacterial Strains and Culture Conditions

Although the bacteria strains used in this study were obtained from the Pasteur Institute Côte d'Ivoire, the strains were characterized in a previous study (Adioumani et al., 2022). Phages were isolated from bacteria PCR positive in this study. The bacteria strains used for phage isolation were listed in Table 1. Phages were tested with the bacterial strains *Ralstonia solanaceum*, *Clavibacter michiganensis*, *Pseudomonas syringae*, *Erwinia carotovora*, and *Xanthomonas campestris*. All the bacteria were grown at 28°C in liquid Luria Bertani medium (LB) and solid media (King B & LPGA). One hundred microliters of fresh culture were added to 5 mL of LB Broth and incubated at 28°C for 18-24 hours.

### 2.4 Pre-treatment and Phage Isolation

The soil samples were treated as follows: 1g of soil was added to 9 mL of physiological water. The solution was mixed for 30 minutes at room temperature to allow the separation of bacteria from the soil. Then the tubes were stored for 30 minutes at room temperature (Popoola et al., 2015). The leaf samples were sterilized with 70% alcohol and washed three times. The small pieces of leaves were placed in tubes containing 3 mL of sterile distilled water for 15 to 20 minutes (Gracelin et al., 2012). When the water became slightly turbid due to the oozing of bacterial cells from the cut ends of the diseased tissue, 10 mL of supernatant were mixed with 100 µL of host bacteria and incubated at 28°C for enrichment. The tubes were incubated at room temperature for two weeks. After enrichment, the supernatant was centrifuged (12500 rpm, 10 minutes at 4°C). The supernatant was filtered with a 0.45 µm. The filtrate was added with a double agar assay. One hundred microliters of exponential bacterial culture were added to 5 mL of soft agar TSB (Tryptic Soy Broth, 0.7% agar) and 10 µL of the filtrate were added in solid TSB/agar and incubated at 28°C for 24 hours (Twist & Kropinski, 2009). Lytic plaques that displayed unique morphology were isolated three times using the streaking method to assure the isolation of unique phage clones. Phage propagation was performed by suspending a lytic plaque in 1 mL SM (Saline Medium) buffer (10 mM Tris-HCl, pH 7.5; 100 mM NaCl; 10 mM MgSO<sub>4</sub>). This was added to 10 mL of bacteria solution and incubated overnight at 28°C (Flores et al., 2020).

### 2.5 Lytic Activity (Virulence) Test

The virulence test was done by the double layer method. The LB agar layer at 1.5% was first spread on the Petri dishes. Once dry, an upper LB agar layer at 0.7% containing 100 µL of fresh bacteria was inoculated. Five microliters of phage filtrate were spotted on LB agar (Twist & Kropinski, 2009).

## **2.6 Characterization of Agriphages**

### **2.6.1 DNA Phage Extraction**

DNA extraction was performed using Qiagen® DNA extraction kit, following the manufacturer's recommendations. To lyse the capsid of the phage, 1 µL of DNase 1 (1U/µl) was added to a tube previously containing 450 µL of phage solution. The mixture was incubated at 37°C for 90 minutes. After this incubation, 20 µL of EDTA (20 nM) and 1.25 µL of Proteinase K (20 mg/mL) were added and incubated at 56°C for 90 minutes. After lysis, 200 µl of the solution was added to a tube containing 200 µL of buffer AL and then vortexed. The tubes were then incubated at 70°C for 10 minutes. After incubation, 200 µL of ethanol (99.9%) was added and mixed by vortexing and centrifugation (10 000 rpm, 1 minute). Thereafter, the column was placed in a new collecting tube and 500 µl of buffer AW1 was added and centrifuged (10 000 rpm, 1 minute). After washing, the column was placed in a new sterile 1.5 ml microtube and 50 µL of elution buffer was added and incubated at room temperature for 1 minute following centrifugation (10000 rpm, 1 minute) (Qiagen, 2003; Jakočiūnė & Moodley, 2018)

### **2.6.2 Nucleic Acid Absorbance Assay**

The Nanodrop was used to evaluate the DNA concentration of isolated agriphages. 1 µL of DNA extract was placed on the base of the device, and the lecture of absorbance at 260 nm was done. The assay was carried out according to the manufacturer's method (OZYME).

### **2.6.3 Random Amplification of Polymorphic DNA**

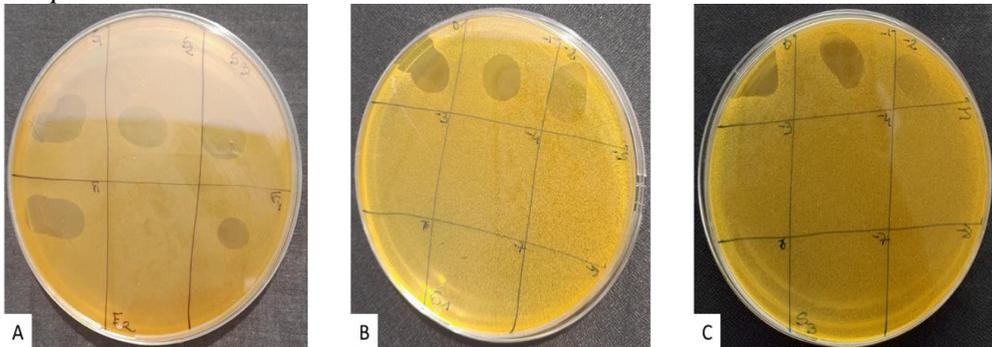
The RAPD- PCR was performed by using oligonucleotides for random amplification of phages (Gutierrez et al., 2011; Addablah et al., 2021). The PCR was performed with a modification of Kumari's method (Kumari et al., 2009). PCR mixture (50 µL) consisted of 2.0 µL of phage DNA, 10 µL 5X Reaction Buffer, 3.0 µL MgCl<sub>2</sub> (25 mM), 1.0 µL dNTPs (25 mM) (Promega, Wisconsin, USA), 1.0 µL primer (10 µM), and 0.5 µL GoTaq G2 Flexi DNA Polymerase (5 U/µL) (Promega, Wisconsin, USA). Primers P1 (5'-CCGCAGCCAA-3') and P2 (5'- AACGGGCAGA-3') were used. The PCR was done with the following parameters: initial denaturation (95°C for 10 minutes), followed by 32 cycles of denaturation (95°C for 30 seconds), hybridization (54°C for 30 seconds), and elongation (72°C for 1 minute). Accordingly, the elongation was done at 72°C for 10 minutes. The 9700 PCR System thermocycler was used for all PCR reactions. PCR products were visualized using agarose 2% (wt/vol) gel electrophoresis. Amplicon sizes were estimated by comparison to a 100-bp DNA ladder (Promega, Wisconsin, USA).

After amplification, 15 $\mu$ L of amplicons were running in an agarose gel (1.5%) for migration in (1X) Tris Borate EDTA buffer for 45 minutes, 150 Volts. At the end of the migration, the bands are revealed under UV light using the Gel Doc EZ Imager machine (Bio-Rad, 2018).

## 2. Results

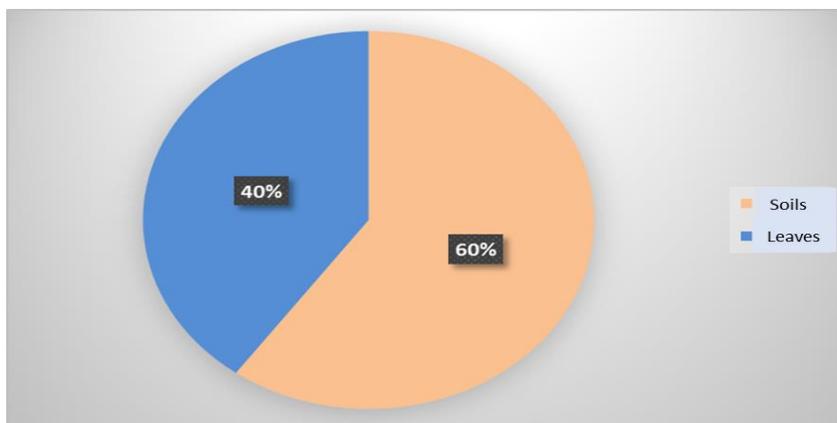
### 2.1 Agriphage's Collection

Five agriphages were isolated from soil and leaves samples, and collected in three biological sites (*Figure 3*). These agriphages were from site 2 (Abidjan), while site 1 and site 3 did not detect phages. The bacteriophages were called  $\Phi$ XanS1,  $\Phi$ XanS2,  $\Phi$ XanS3,  $\Phi$ XanF1, and  $\Phi$ XanF4. Two agriphages,  $\Phi$ XanF1 and  $\Phi$ XanF4, were isolated from the leaves and three agriphages,  $\Phi$ XanS1,  $\Phi$ XanS2,  $\Phi$ XanS3, were isolated from soils (*Figures 4 & 5*). All agriphages were isolated from a single bacterium host *Xanthomonas campestris*.

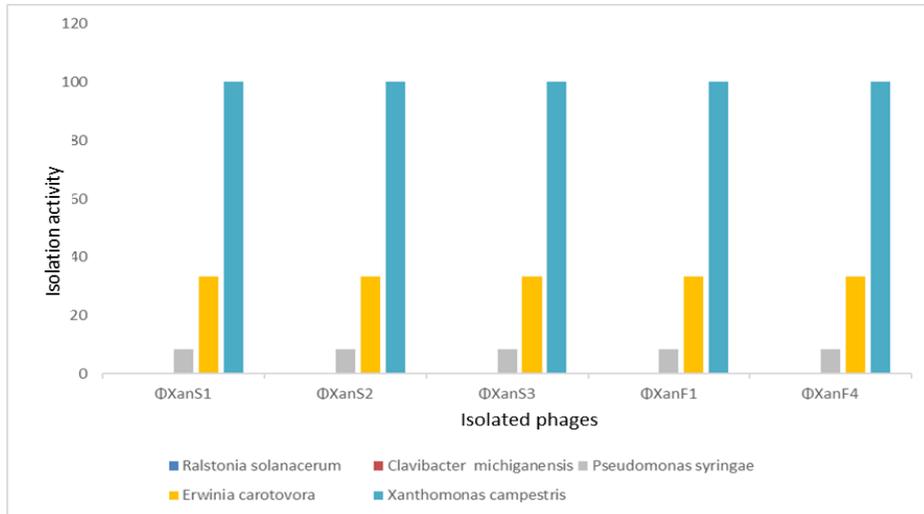


**Figure 3.** Lysis plaque on nutrient agar

A: Lysis plaque on five isolated agriphages against *Xanthomonas campestris*; B: Lysis plaque of phage  $\Phi$ XanS1; C: Lysis plaque of phage  $\Phi$ XanS3



**Figure 4.** Distribution of agriphages according to the type of samples



**Figure 5.** Distribution of the activity of the isolated phages according to the bacteria *Ralstonia solanacerum*, *Clavibacter michiganensis*, *Pseudomonas syringae*, *Erwinia carotovora*, and *Xanthomonas campestris*

### 3.2 Lytic Activity of Agriphages

Five bacterial strains were tested with agriphages to determine sensibility or resistance effects. 3 bacterial strains (*Xanthomonas*, *Erwinia*, and *Pseudomonas*) tested positive for lytic activity against all isolated phages. 60% (3/5) virulence was observed in this study for the agriphages (Table 2). *Ralstonia* and *Clavibacter* strains have shown no sensibility against agriphages.

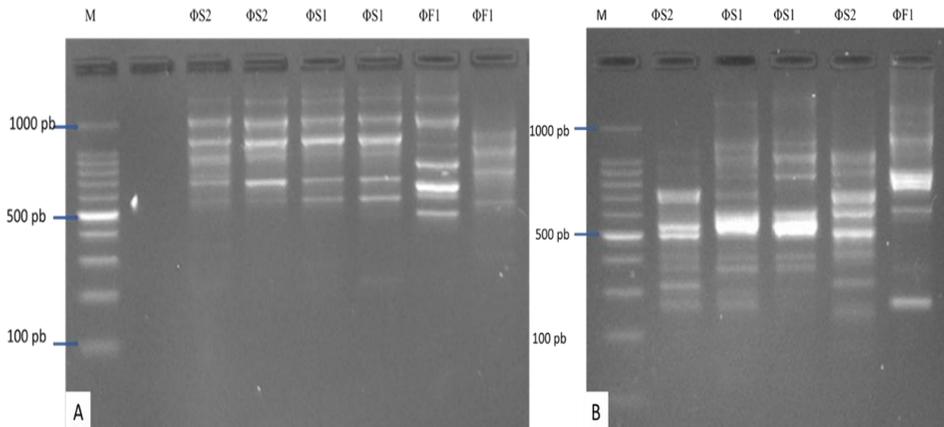
**Table 2.** Phagogram of agriphages against bacterial species

Phages	Bacterial strains tested					% of virulence
	<i>Xanthomonas campestris</i>	<i>Erwinia carotovora</i>	<i>Pseudomonas syringae</i>	<i>Ralstonia solanacerum</i>	<i>Clavibacter michiganensis</i>	
ΦXanS1	+	+	+	-	-	60%
ΦXanS2	+	+	+	-	-	60%
ΦXanS3	+	+	+	-	-	60%
ΦXanF1	+	+	+	-	-	60%
ΦXanF4	+	+	+	-	-	60%
<b>Total</b>	<b>5/5</b>	<b>5/5</b>	<b>5/5</b>	<b>0/5</b>	<b>0/5</b>	

### 3.3 Molecular Diversity of Agriphages

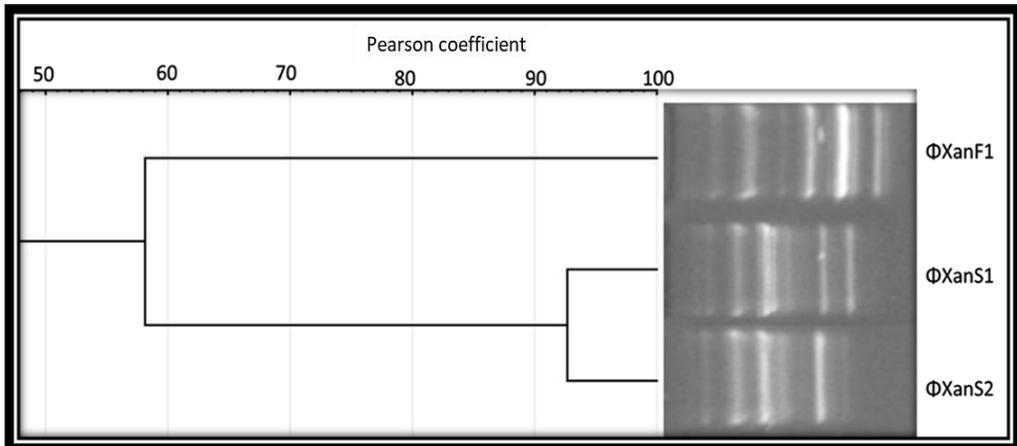
Random amplification of polymorphic DNA (RAPD-PCR) shows the genetic diversity of the isolated agriphages. The genomic profile of the phages showed that three isolated agriphages are DNA phages. According to the P1 primer amplification, the profiles showed that phages  $\Phi$ XanS1,  $\Phi$ XanS2, and  $\Phi$ XanF1 are DNA phages with some similar profiles (*Figure 6A*).

Based on the P2 primer, the results showed that the profiles were not identical. This confirms that the agriphages  $\Phi$ XanS1,  $\Phi$ XanS2, and  $\Phi$ XanF1 are different from others. Nonetheless, they could be similar phages genetically (*Figure 6B*). Certainly, the phages  $\Phi$ XanS1,  $\Phi$ XanS2, and  $\Phi$ XanF1 showed more or less similar profiles with approximately the same number of bands for each agriphage. Phages  $\Phi$ XanS1 and  $\Phi$ XanS2 phages are closely related with 93 % similarity by Pearson similarity analysis. On the other hand,  $\Phi$ XanS1 and  $\Phi$ XanS2 are 62% similar to phage  $\Phi$ XanF1 (*Figure 7*).



*Figure 6.* RAPD-PCR Genomic profile of agriphages

A: RAPD-PCR Genomic profile of agriphages using primer P1; B: RAPD-PCR Genomic profile of agriphages using primer P2.



**Figure 7.** Dendrogram after RAPD-PCR analyzing of tree isolated phages

### 3. Discussion

This study presents the first isolation and characterization of agriphages for the control of phyto-bacteria infection in West Africa. The isolated agriphages were virulent by lysing three bacterial strains, which exhibited great potential to control infections *in vitro* of *Xanthomonas*, *Erwinia*, and *Pseudomonas*.

This study further proposed a collection of five agriphages, and three were DNA phages. These agriphages were isolated in site 2. The percentage of bacteria isolated from this site is higher than the other two sites. According to a previous study, the plot was formerly used as a household waste dump. This waste was the growth biotope of several bacteria, viruses, and parasites (Adioumani et al., 2022). Several studies have shown that a contaminated biotope represents a high risk for cultivated plants. In addition, agriphages are present in environments, where the bacterial population is also abundant (Son et al., 2012).

The agriphages need different degrees of tolerance, depending on the experimental conditions where they are living. Thus, many conditions in crop plots are beneficial to their proliferation. Low exposure to UV rays, temperature, soil pH, and humidity are essential for the good growth of agriphages (Flores et al., 2020).

60% of agriphages were isolated from the soil and 40% from leaves. The conservation of the agriphages in the phyllosphere is quite complex because they are constantly exposed to temperature variations, the rays of the sun, and the rains. During the day, the agriphages present on the surface of the leaves are exposed to the sun, which is the greatest limiting factor to their proliferation (Jones et al., 2012).

All the isolated phages are from the same bacterial species *Xanthomonas campestris*. This suggests the predominance of *Xanthomonas* in these sites. Adioumani *et al.* (2022) have shown that almost 70% of *Xanthomonas sp* strains were in the site. According to the phage infection mechanism, the agriphages are specific to the most abundant bacteria in a biotope. This has resulted to the specificity of the agriphages for this strain (Flores *et al.*, 2020). The phages found on this site reflect the abundance of *Xanthomonas sp*. According to the theory of Kill-the-Winner, the phages preferably infect the most abundant species in the environment (Koskella & Meaden, 2013).

In order to reduce the high concentration of *Xanthomonas sp* on this site, the agriphages have developed an increased specificity for their bacteria host. Despite this specificity, isolated agriphages are virulent on other species like *Erwinia sp* and *Pseudomonas sp*. The broad range of agriphages to other bacteria strains is particular for phages in tropical countries. Previous studies have shown the circulation of polyvalent phages in West Africa (Addablah *et al.*, 2021; Kakou-Ngazona *et al.*, 2020).

Using RADP-PCR methods, the genomic profile of the agriphages allowed the confirmation of 60% of isolated phages such as DNA phages. This is an excellent approach for typing phages infecting bacteria of the same or different species (Gutierrez *et al.*, 2011; Addablah *et al.*, 2021). The genomic profile showed the genetic diversity of the isolated phages.

Therefore, with link clustering, which allows one group to assimilate to another, all objects must be linked to the given similarity (Gutiérrez *et al.*, 2011). The molecular typing dendrogram was used to assess the diversity of the isolated phages. These phages isolated from the same bacterium have been grouped like a cluster (Hatfull, 2008).

Subsequently, these phages will be explored in the field with different challenges, such as tolerance to environmental conditions, including the soil pH, UV radiation, and temperature. Molecular investigation using Next Generation Sequencing (NGS) can provide more identities or similarities of these agriphages. This study promotes the use of viral bacteria (phages) to control phytobacterial infection instead of antibiotic use in West Africa.

## Conclusion

The study allowed a collection of five agriphages and the first isolation of agriphages in West Africa. These agriphages have lytic activity on three bacterial strains: *Xanthomonas campestris*, *Erwinia carotovora*, and *Pseudomonas syringea*. The phagogram shows a broad spectrum of action of agriphages with a virulence rate of 60%. The characterization of agriphages from *in vitro* and *in vivo* efficacy tests will allow the selection of the best candidates for field applications.

## Acknowledgments

Special thanks to the Institute of Research for Development (IRD), as well as all the farmers, for their collaboration throughout this work. The study has the financial support of Pasteur Institute Cote d'Ivoire and the technical support of the Chaire Felix Herelle (Dr Sylvain Moineau), université Laval, Canada.

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

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

## References:

1. Addablah, A.A., Kakou-Ngazoa, S., Akpa, E.E., Adioumani, E., Ndombi, F.M.B., Aoussi, S., & Dosso, M. (2021). RAPD-based evaluation revealed genetically diverse populations of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* lytic bacteriophages isolated in urban sewage and Ebrie Lagoon, Côte d' Ivoire. *African Journal of Microbiology Research*, 15: 522–528. doi: 10.5897/AJMR2021.9547
2. Adioumani, A.E., Kakou-Ngazoa, S., Trebissou, J.N.D., Martin, T., Addablah A., Koudou, A., Kouassi, K.S., Sina K. M., Coulibaly, N., Aoussi, S., & Dosso, M. (2022). Isolation and identification of phytopathogenic bacteria in vegetable crops in West Africa (Côte D'ivoire). *African Journal of Microbiology Research*, 16(4): 167-177. <https://doi.org/10.5897/AJMR2021.9610>
3. Alengebawy, A., Abdelkhalek, S.T., Qureshi, S.R., & Wang, Q.M. (2021). Heavy Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants : Ecological Risks and Human Health Implications. *Toxics*, 9 (42) : 1-33. <https://doi.org/10.5897/AJMR2021.9610>
4. Buttimer, C., McAuliffe, O., Ross, R.P., Hill, C., O'Mahony, J., & Coffey, A. (2017). Bacteriophages and bacterial plant diseases. *Frontiers in Microbiology*, 8: 1–15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00034>
5. Djeto-Lordon, C., Alene, D.C., & Reboul, J.L. (2007). Contribution à la connaissance des insectes associés aux cultures maraichères dans les environs de Yaoundé -Cam roun. *Cameroun Journal Biological and biochemical Sciences*, 15 : 1-13.
6. FAO. (2015). Etude sur le suivi de l'effet des pesticides sur la santé humaine et l' environnement. *Rapport de l'ONSSA*, Abda, 73p.
7. Flores, O., Retamales, J., Mauricio, N., Le, M., Salinas, P., & Besoain, X. (2020). Characterization of Bacteriophages against *Pseudomonas Syringae* pv . *Actinidiae* with Potential Use as Natural Antimicrobials in Kiwifruit Plants. *Microorganisms*, 8.

- <https://doi.org/10.3390/microorganisms8070974>
8. Gracelin, D.H.S., Britto, A.J.D.E., Jeya, P.B., & Kumar, R. (2012). Leaves of centella asiatica collected in tamilnadu. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 5: 111–113.
  9. Gutiérrez, D., Martín-Platero, AM., Rodríguez, A., Martínez-Bueno, M., García, P., & Martínez, B. (2011). Typing of bacteriophages by randomly amplified polymorphic DNA (RAPD)-PCR to assess genetic diversity: Bacteriophage typing by RAPD-PCR. *FEMS Microbiology Letters* 322(1):90-97. doi: 10.1111/j.1574-6968.2011.02342.
  10. Hatfull, GF. (2008). Bacteriophage genomics. *Current Opinion in Microbiology*. 11(5):447-53.
  11. Jakočiūnė, D. & Moodley, A. (2018). A Rapid Bacteriophage DNA Extraction Method. *Methods and Protocols* 1(3):27. DOI: 10.3390/mps1030027
  12. Jones, J.B., Vallad, G.E., Iriarte, F.B., Obradović, A., Wernsing, M.H., & Jackson, L.E. (2012). Considerations for using bacteriophages for plant disease control, 2: 208–214. doi: 10.4161/bact.23857
  13. Jovana, D., Krier, F., & Jacques, P. (2014). Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 18(2): 220-232.
  14. Kakou-Ngazoa, ES., Addablah, AA., Krylova, K., Saraka, D., Kouassi, KS., Coulibaly, ND., Sina, KM., Aoussi, S., Dozois, C., & Dosso, M. (2020). First novel phages from rodents with lytic activity on clinical Enterobacteriaceae strains : Initiation for phage therapy in West Africa. *African Journal of Microbiology Research* 14(6):280-285.
  15. Kumari, S., Harjai, K., & Chhibber, S. (2009). Characterization of *Pseudomonas aeruginosa* PAO Specific Bacteriophages Isolated from Sewage Samples. *American Journal of Biomedical Sciences* 1(2):91-102. doi: 10.5099/aj090200091
  16. Koskella, B. & Meaden, S. (2013). Understanding Bacteriophage Specificity in Natural Microbial Communities. *Viruses* 5(3):806-823. doi: 10.3390/v5030806
  17. Popoola, A. R., Ganiyu, S. A., Enikuomhin, O. A., Bodunde, J. G., Adedibu, O. B., Durosomo, H. A., & Karunwi, O.A. (2015). Isolation and Characterization of *Ralstonia solanacearum* Causing Bacterial Wilt of Tomato in Nigeria. *Nigerian Journal of Biotechnologie*, 29: 1–10. DOI: 10.4314/njb.v29i1.1
  18. Qiagen (2003). QIAamp ® DNA Mini Kit and QIAamp DNA Blood Mini Kit Handbook For DNA purification from Whole blood Buffy coat Body fluids Lymphocytes Cultured cells Tissue Swabs Dried blood spots February 2003.

19. Son, B., Yun, J., Lim, J-A., Shin, H., Heu, S., & Ryu, S.(2012). Characterization of LysB4, an endolysin from the Bacillus cereus-infecting bacteriophage B4. *BMC Microbiology* 12(1):33. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-12-33>
20. Twest, R.V. & Kropinski, A.M. (2009).Bacteriophages Enrichment from Water and soil, In Clokie MRJ & Kropinski AM (eds.). *Bacteriophages: Methods and Protocols, Volume 1: Isolation, Characterization, and Interactions*, Hatfield, Humana Press, «Methods in Molecular Biology»,501, Pp. 15-21. Doi: 10.1007/978-1-60327-164-6\_2
21. Vloek, V. & Pohanka, M. (2018). Adsorption of copper in soil and its dependence on physical and chemical properties. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. Brun.* 66, 219–224.
22. Wang, W.L., Moore, K., Martiny, A.C., & Primeau, F.W. (2019). Supplementary Material for Convergent Estimates of Marine Nitrogen Fixation. *Nature*,1-59. Doi: 10.1038/s41586-019-0911-2
23. Zaczek-Moczydłowska<sup>1</sup>, Gillian, K., Young, James, T., Colin, C., Katrina, C., & Richard, O. (2020). Genomic Characterization, Formulation and Efficacy in Planta of a Siphoviridae and Podoviridae Protection Cocktail against the Bacterial Plant Pathogens *Pectobacterium*spp. *Viruses*(12),16p. doi: 10.3390/v12020150.

# Onsite Load Bearing Capacity of Curved-up versus Straight Beams

*Kanaan Youkhanna, Assistant Professor, PhD*

Former: Assistant Professor, University of Duhok, Iraq

Former: Teaching Assistant, Swinburne University of Technology, Australia

Former: Lecturer, Melbourne Polytechnic, Australia

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p15](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p15)

---

Submitted: 12 June 2023

Accepted: 21 August 2023

Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Youkhanna K. (2023). *Onsite Load Bearing Capacity of Curved-up versus Straight Beams* European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 15. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p15>

---

## Abstract

Straight and curved-up beams are cast as part of the frame models. The models are made as single-span, double-span, and triple-span models. Experimental investigation is conducted to predict load capacity of curved-up beams compared to straight beams. Six models: single-span, double-span and triple-span are presented. Onsite, masonry blocks and bricks, steel pipes and gravel are used to load the beams uniformly. Load is applied gradually until failure mechanism. Enhancement to load capacity is observed in the range between 8.67% to 14.12%. The average enhancement ratio can be taken as 11% due to curved-up effect. Load capacity of interior curved-up beam/span will enhance by 120.3% and 131.3% for both straight and curved-up beams.

---

**Keywords:** Curved-up, Straight, Beams, Camber, Load capacity

## Introduction

Most commonly used systems in practice are portal frames and trusses. However, truss system is not common if reinforced concrete is to be used, due to the difficulty of formwork and, thus, portal frames are usually used.

The importance of the effect of axial force on behavior of the member is proved, especially for long/slender members. Axial force can be actioned/motivated in curved-up (cambered) members.

This point gives rise to the concept of using geometric nonlinearity because it builds the procedure of structural analysis on large deformations, also on geometry of the member after occurrence of these large deformations. As a result, this non-linear behavior controls the sequence of plastic hinge formation and their expected locations.

Generally, geometric nonlinearity occurs whenever the magnitude of displacements affects the response of the structure. This may be caused by large deflections or rotations.

## **Literature Review**

Troxell et al. (1968) found that failure load (load capacity) under sustained load for a long time is less than that for short time tests. Price (1951) showed that failure load ratio may be within the range (80-82%). Nilson et al. (1986) stated that in concrete, lateral expansion is restricted by adjacent strips resulting in a slight strengthening and stiffening.

Westergaard et al. (1921) considered membrane action in reinforced concrete and noticed a significant increase in load carrying capacity due to arching. Brotchie et al. (1971), Cotsovos et al. (1990), Roberts (1968) have reported similar results.

Vessali (2015) found that compressive strength of concrete has negligible influence on peak load of tensile membrane action.

Tharmarajah et al. (2023) reported that failure load was 80–100% higher than the flexural strengths predicted by Eurocode and ACI 440.1R. The increased failure load of restrained slabs and strength of unreinforced slab can be attributed to compressive membrane action, which is not considered in many design codes to determine strength of in-plane restrained reinforced concrete slabs.

Wang et al. (2021) stated that the contribution of membrane force to resistance of slabs is negative under compressive action. It is gradually shifted to positive after mobilization of tensile action when the tension zone in the center of the slab develops into a certain area. Tensile forces in the tension zone can offset compression force near the edge.

Regan (1975) stated that catenary or tensile membrane actions may prevent local damage to a structure spreading to cause a progressive collapse. In the sense of sustainability, Smarzewski (2018) conducted experimental and analytical investigation of behaviour and load-carrying capacity of deep beams with openings (DBO) and without openings (DB) made of hybrid steel-polypropylene fibre-reinforced high-performance concrete (HFRHPC) subjected to three-point bending tests with a gradually increasing load until failure. The conducted study demonstrates that hybrid fibres as web reinforcement have a favourable impact on deep beam crack widths and raise the load carrying capacity of deep beams with openings.

Sustainably, Kumar et al. (2022) discussed properties of dried sewage sludge (SS) and its influence on microstructure development of HVFA (High Volume Fly Ash) concrete when used as a partial replacement of the binder material. Their study reveals that the compressive strength of concrete specimens decreases with the increase in replacement level of SS. The addition of SS as a binder to concrete has a lower environmental impact embodied energy, CO2 emission, and cost per unit strength.

Liu et al. (2012) and Mirghaderi et al. (2021) presented the theoretical effect of column-to-beam strength ratio and axial compression ratio on failure mechanism of concrete-filled square steel tube frame structures. The author encourages further investigation to effect of curved up on strength behavior of sustainable construction materials.

### Methodology

**Models:** Six models are presented in this study, details of which are shown in **Table 1** and **Fig. (1)**.

Model	No. of Spans	Beam Type	$f'_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	Beam Reinforcement
F1	Single	Straight	26.6	1 – $\phi$ 5 mm Top & Bottom
F4		Curved-up		
F2	Double	Straight	26.6	1 – $\phi$ 5 mm Top & Bottom
F5		Curved-up		
F3	Triple	Straight	26.6	1 – $\phi$ 5 mm Top & Bottom
F6		Curved-up		

### Geometric Details:

Details of six portal frame models are shown in **Fig. (2)**.

### Load Application:

Due to non availability of mechanical equipment/machines to apply experimental load, masonry concrete blocks, masonry bricks, steel circular hollow sections (pipes) and sacks filled of gravel are used to load beams in a similar fashion of uniform load as shown in **Fig. (3)**.



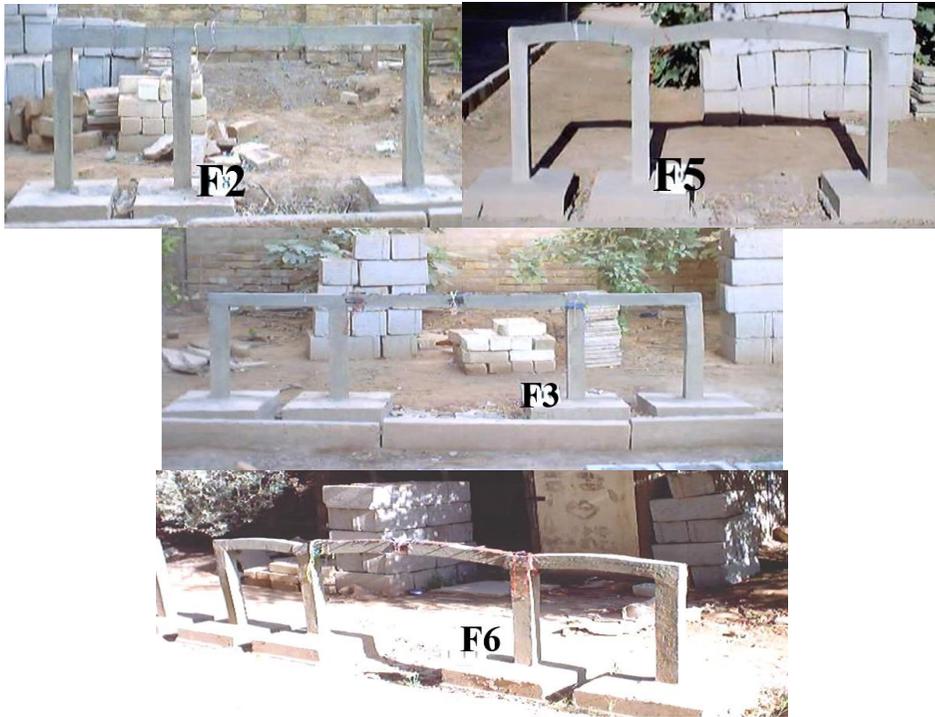
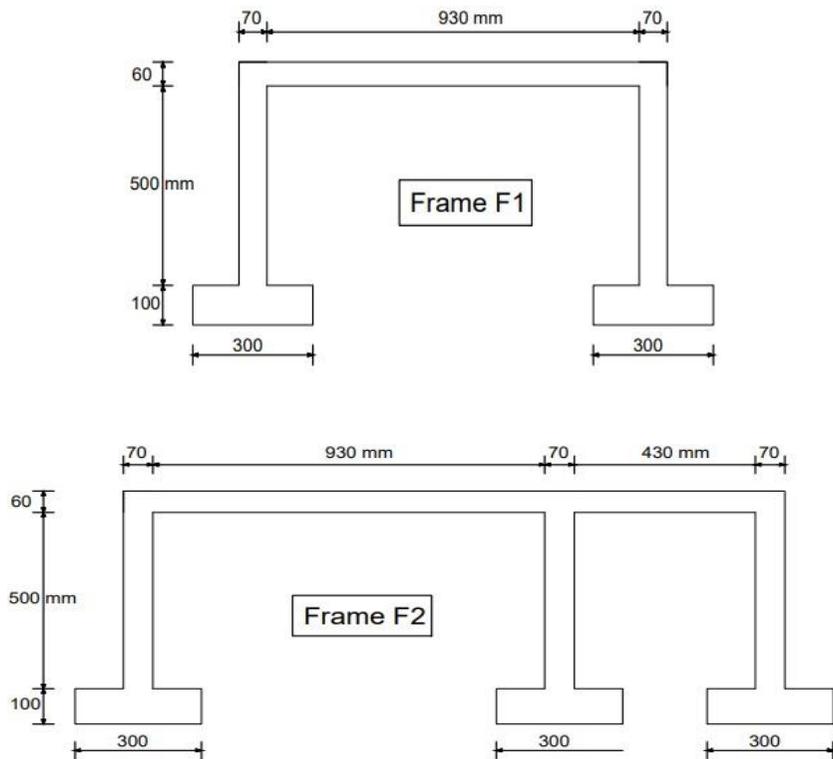
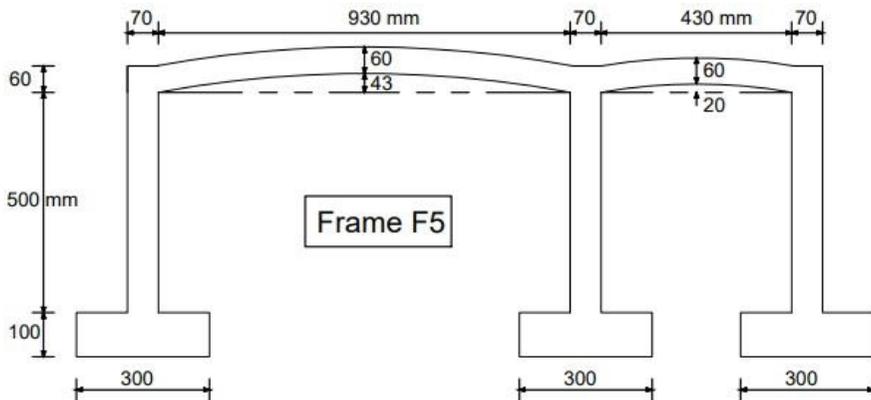
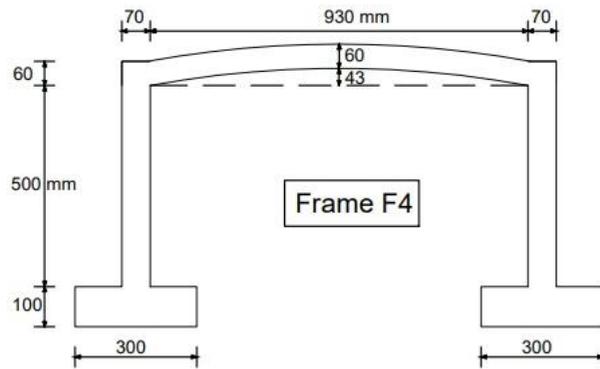
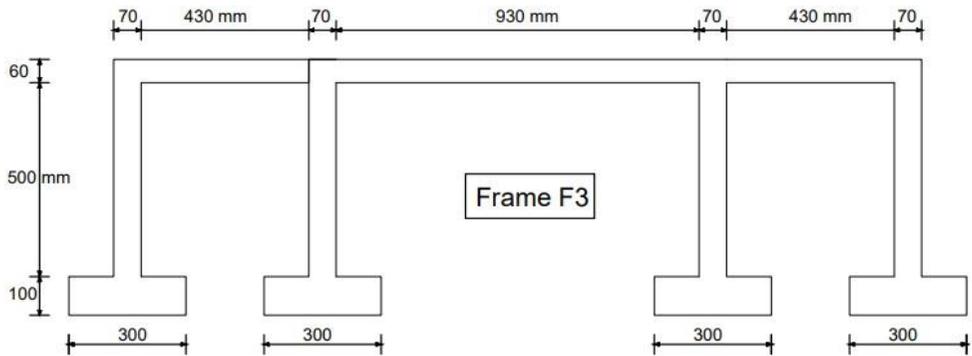
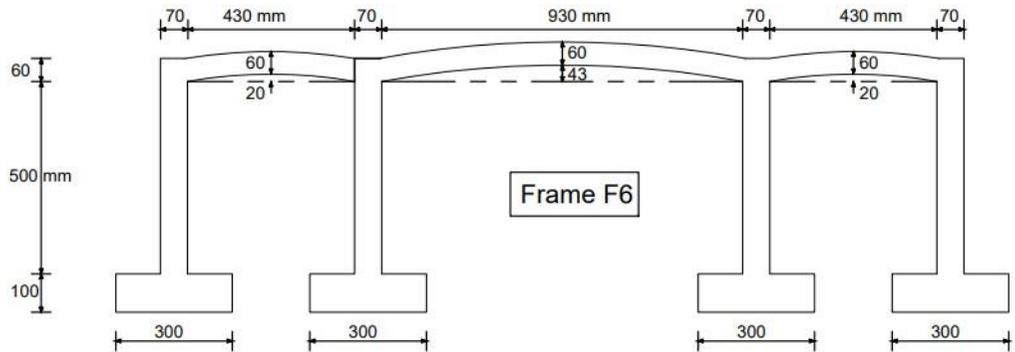


Figure (1) Models F1, F2, F3, F4, F5 and F6.







**Figure (2)** Geometrical details of models F1, F2, F3, F4, F5 and F6.



Load application samples



Failure mechanism and load scattering after Failure

**Figure (3)** Samples of load application and failure mechanism.

Generally, for uniformly loaded beams in portal frames, the shear force is maximum at both ends and minimum near mid-span. On the contrary, bending moment will be maximum at both ends and at mid-span, reducing to a minimum in between.

Weight of all above materials used as loading is measured before applying loading. Load is applied/increased gradually up until occurrence of failure mechanism which gives an indication to load capacity of six models, i.e. load bearing capacity is predicted to be the final weight of all materials measured to load the beam. In other words, mathematical formulae are not used to predict load bearing capacity.

**Table 2** gives load capacity/failure load of models predicted experimentally and represented as uniform distributed load (UDL).

Model	No. of Spans	Beam Type	UDL (kN/m)
F1	Single	Straight	6.11
F4		Curved-up	6.64
F2	Double	Straight	10.87
F5		Curved-up	11.95
F3	Triple	Straight	13.46
F6		Curved-up	15.36

Discussion on Study Observations:

Experimental investigation gives rise to the following observations:

**1. Effect of Curved-Up on Load Capacity**

Considering load capacity results in **Table 2**, an enhancement to load capacity is observed in the range between 8.67% to 14.12%. This enhancement ratio is shown in **Table 3**. The average enhancement ratio can be taken as 11% due to the curved-up effect.

Model	Beam Type	UDL (kN/m)	Enhancement
F1	Straight	6.11	8.67%
F4	Curved-up	6.64	
F2	Straight	10.87	9.94%
F5	Curved-up	11.95	
F3	Straight	13.46	14.12%
F6	Curved-up	15.36	
+ Ratio = $[(15.36 - 13.46) / (13.46)] = 14.12\%$			

The ratio of the enhancement in load capacity can be represented as:

$$\text{Ratio of Enhancement in Load Capacity} = (11 \pm 3)\% \quad \text{Eq. (1)}$$

Above enhancement can be implemented on structural elements made of sustainable construction materials.

**2. Effect of Number of Spans on Load Capacity**

Results are taken for single-span beam, and for larger span of the double-span and triple span beams.

**Table 4** provides enhancement ratio in load capacity for the above three span scenarios.

<b>Table 4</b> Load capacity enhancement ratio.				
Models Compared	Beam Type	UDL (kN/m)		Enhancement
F1 (single) – F2 (double)	Straight	6.11	10.87	77.9%
F1 (single) – F3 (triple)	Straight	6.11	13.46	120.3% <sup>++</sup>
F2 (double) – F3 (triple)	Straight	10.87	13.46	23.8%
F4 (single) – F5 (double)	Curved-up	6.64	11.95	78.0%
F4 (single) – F6 (triple)	Curved-up	6.64	15.36	131.3%
F5 (double) – F6 (triple)	Curved-up	11.95	15.36	28.5%

<sup>++</sup> Ratio =  $[(13.46 - 6.11) / (6.11)] = 120.3\%$

The following can be concluded from **Table 4**:

1. Adding shorter span to one side of the single span beam model will enhance load capacity by 77.9% and 78.0% for both straight beam and curved-up beam models, respectively.
2. Adding shorter span on each side will enhance load capacity of interior span by 120.3% and 131.3% for both straight and curved-up beams.
3. Adding another shorter side span to the opposite side of existing shorter span for double-span model (i.e., making a double-span model as triple-span model), will enhance load capacity by 23.8% and 28.5% for the larger span of both straight and curved-up beam models, respectively.

Previous results prove that making interior span as a curved-up (cambered) beam will enhance load capacity of the beam. The above enhancement can also be useful when using sustainable structural elements, reducing cost and improving novel building material development methods in resource-constrained and economically poor regions.

Reason Behind Enhancement of Load Capacity:

It is believed that introducing some shallow upward curvature to beams is mobilizing restraint forces. When the load is applied, a curved-up member tends to straighten. This tends to increase the length of a curved-up beam. In trying to maintain original length, a horizontal axial force will be initiated at both ends due to restraining supports.

This axial restraining force increases the intensity of compressive stresses and decreases the intensity of tensile stresses across the concrete section. Such a stress field improves flexural performance and, as a result, load capacity will be enhanced.

**Conclusion:**

1. Straight and curved-up beams are investigated within three different models.
2. Models are single-span, double-span and triple-span models.

3. Effect of curved-up beams is investigated compared to straight beams, both in similar models.
4. Experimental load is applied using non-mechanical/machine load application. This was by using and weighing different construction materials.
5. Load capacity enhancement due to curved-up beams ranges between 8.67% and 14.12% compared to straight beams.
6. For curved-up beams, load capacity enhancement due to a number of spans, ranges between 28.5% (changing from double-span into triple-span) to 78.0% (changing from single-span into double-span). The reason behind this is that adding a second span to a single curved-up beam enhances restraining action to the main span, hence mobilizing large value of axial force. On the other hand, adding another short side span to double-span beam will add less to the restraining action that is already mobilized due to first side span.
7. For straight beams, load capacity enhancement due to a number of spans ranges between 23.8% (changing from double-span into triple-span) to 77.9% (changing from single-span into double-span). Reason behind this is similar to that in point 6 above.
8. Changing single span beam into triple span beam enhances load capacity by 120.3% for straight beams and 131.3% for curved-up beams because in straight beams, the load will deflect the straight beam. This deflection will equalize part of the restraining action and this will reduce axial action to be mobilized. On the contrary, in curved-up beams, this effect is minimized due to initial curved up. As a result, mobilized axial action will keep enhancing the restraining action.

### **Acknowledgment**

The author gratefully acknowledges valuable review support and supervision provided by the late professor Dr Riyadh Shafiq Al-Rawi, College of Engineering, University of Baghdad, Iraq.

**Conflict of Interest:** The author reported no conflict of interest.

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

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

### **References:**

1. Brotchie, J. F., and Holley, M. J. (1971). Membrane Action in Slabs. ACI Special Publication Paper SP 30-16, pp. 345-377.

2. Kotsovos, M. D., and Lefas, I. D. (1990). Behavior of Reinforced Concrete Beams Designed in Compliance with the Concept of Compressive-Force Path. *ACI Structural Journal*, 87 (2), pp. 127-139, March-April.
3. Kumar, M., Prashant, Sh., Kamath, M. (2022). Enhancing the sustainability of high strength concrete in terms of embodied energy and carbon emission by incorporating sewage sludge and fly ash, Technical Paper, *Innovative Infrastructure Solutions* (2022) 7:240,  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s41062-022-00837-5>
4. Liu JB, Li X. (2012). Realization of strong column-weak beam failure mode for concrete-filled square steel tubular frame structure. In *Advanced Materials Research*, Vol. 446, pp. 424-428. Trans Tech Publications Ltd. <https://doi.org/10.4028/scientific5/AMR.446-449.424>
5. Mirghaderi SR, Mahmoudi B, Gharavi A, Dolatshahi KM, Epackachi S. (2021). Experimental investigation of moment resisting frames with perforated shear link. In *Structures*, Aug 1, 32, 516-531. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.03.060>
6. Nilson, Arthur H., and Winter, George (1986). *Design of Concrete Structures*. 10th Ed, New York, pp3 243-272, McGraw-Hill Book Company.
7. Price, W. H. (1951). Factor Influencing Concrete Strength. *Proc. ACI*, 47, 417-432.
8. Regan, P. E. (1975). Catenary Action in Damage Concrete Structures, Symposium Paper, *ACI International Concrete Abstracts Portal*, 48, 191-224. DOI: 10.14359/17864.
9. Roberts, E. H. (1968). Load Carrying Capacity of Slab Strips Restrained Against Longitudinal Expansion. *Concrete*, 3, 369-378, September.
10. Smarzewski, Piotr (2018). Analysis of Failure Mechanics in Hybrid Fibre-Reinforced High-Performance Concrete Deep Beams with and without Openings. *MDPI, Materials*, Switzerland. (2019, 12(1), 101; <https://doi.org/10.3390/ma12010101>).
11. Tharmarajah, G., Taylor, S., Robinson, D. (2023). Experimental and Numerical Investigation of Compressive Membrane Action in GFRP-Reinforced Concrete Slabs. *Polymers*, 15, 1230, 1-17.  
<https://doi.org/10.3390/polym15051230>
12. Troxell, G. E., Davis, H. E. and Kelly, J. W. (1968). *Composition and Properties of Concrete*. 2nd Ed., New York, p.247, McGraw-Hill Book Company.

13. Vessali, Nima (2015). Compressive Membrane Action in Reinforced Concrete Beams. Sydney, Australia, Thesis submitted for Doctor of Philosophy, School of Civil and Environmental Engineering, University of Technology, pp. 6-7.
14. Wang, S., Kang, S., Fu, Q., Ma, J., Ziolkowski, P. (2021). Analytical approach for membrane action in laterally restrained reinforced concrete square slabs under uniformly distributed loads. *Journal of Building Engineering*, 41, 1-17.
15. Westergaard, H. M., and Slater, W. A. (1921). Movements and Stresses in Slabs. *ACI Journal Proceedings*, 17, 415-538.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Une Recette Utilisée dans le Traitement Traditionnel des Troubles du Sevrage des Enfants au Mali

*Mamadou Lamine Diarra*

*Adama Dénou*

*Daouda Dembélé*

*Djeneba Traoré*

Faculté de Pharmacie, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Bamako, Mali

*Rokia Sanogo*

Faculté de Pharmacie, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Bamako, Mali

Département de Médecine Traditionnelle (DMT),

Institut National de Santé Publique (INSP), Bamako, Mali

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p26](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p26)

Submitted: 14 June 2023

Accepted: 01 August 2023

Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Diarra M.L., Dénou A., Dembélé D., Traoré D. & Sanogo R. (2023). *Une Recette Utilisée dans le Traitement Traditionnel des Troubles du Sevrage des Enfants au Mali*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 26. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p26>

### Résumé

Combretum lecardii est traditionnellement utilisé contre les troubles du sevrage des enfants au Mali. Le présent travail avait comme objectif de recenser les données de sécurité, d'efficacité et de qualité de Combretum lecardii. Les informations sur Combretum lecardii ont été collectées en consultant des livres, des sites et des moteurs de recherche tels que Google, Google scholar, Prota etc. Les résultats ont montré que Combretum lecardii contient des flavonoïdes, tanins et de composées à génines stéroïdiques. La poudre de feuilles de Combretum lecardii possédait des poils tecteurs, des fibres, du xylème, des grains d'amidon, des cristaux d'oxalate de calcium, du parenchyme et des fragments d'épiderme avec stomates. Traditionnellement, Combretum lecardii est utilisé contre les troubles du sevrage et d'autres pathologies. Pharmacologiquement, les activités antitussive, antibactérienne, antidiarrhéique et antalgique de Combretum lecardii ont été retrouvées. Ces

résultats peuvent aider à la mise au point d'un médicament traditionnel amélioré à base de *Combretum lecardii* pour la prise en charge des troubles du sevrage de l'enfant.

---

**Mots-clés:** *Combretum lecardii*, botanique, phytochimie, sevrage des enfants, Mali

---

## **Combretum Lecardii Engl & Diels (Combretaceae), a Plant Used in the Traditional Treatment of Child Weaning Disorders in Mali**

*Mamadou Lamine Diarra*

*Adama Dénou*

*Daouda Dembélé*

*Djeneba Traoré*

Faculté de Pharmacie, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Bamako, Mali

*Rokia Sanogo*

Faculté de Pharmacie, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Bamako, Mali

Département de Médecine Traditionnelle (DMT),

Institut National de Santé Publique (INSP), Bamako, Mali

---

### **Abstract**

*Combretum lecardii* is traditionally used against child weaning disorders in Mali. The objective of this work was to identify the safety, efficacy and quality data of *Combretum lecardii*. Information on *Combretum lecardii* were collected through books, sites and search engines such as Google, Google scholar, Prota etc. The results showed that *Combretum lecardii* contains flavonoids, tannins and steroidal genin compounds. *Combretum lecardii* leaf powder had covering trichomes, fibers, xylem, starch grains, crystals of calcium oxalate, parenchymatous cells and epidermis fragments with stomata. Traditionally, *Combretum lecardii* is used against weaning disorders and other pathologies. Pharmacologically the antitussive, antibacterial, antidiarrheal and analgesic activities of *Combretum lecardii* were found. These results can be helpful for developing an improved traditional medicine based on *Combretum lecardii* for the management of child weaning disorders.

---

**Keywords:** *Combretum lecardii*, botany, phytochemistry, child weaning, Mali

## 1. Introduction

Le sevrage correspond à l'arrêt de la lactation et de la tétée et l'introduction progressive d'aliments autres que le lait dans l'alimentation du nourrisson (Humphrey, 2010). L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) souligne que l'alimentation complémentaire doit être opportune, sûre, adéquate en termes de variété d'aliments, de fréquence, de quantité et de consistance. Les aliments complémentaires doivent être administrés de manière appropriée. Il n'est pas toujours évident de répondre à ces exigences, ce qui fait que les troubles du sevrage de l'enfant touchent de nombreux enfants dans le monde (Weaver et Michaelsen, 2001). Mal conduit, le sevrage augmente l'ampleur des troubles comme la malnutrition protéino-énergétique (Azagoh et *al.*, 2013).

La prise en charge du sevrage consiste à donner à l'enfant une alimentation correcte en quantité, en qualité et diversifiée selon les préférences de l'enfant. Elle permet de corriger certains troubles comme la diarrhée, le vomissement et la fièvre. Au Mali, l'itinéraire thérapeutique montre que la famille et les tradithérapeutes constituent le premier recours de plus de 80% de la population. Les structures de santé sont consultées dans la majorité des cas après passage des malades chez un tradithérapeute (Diallo et Dussart, 2008). Un grand nombre de plantes médicinales est proposée pour la prise en charge des troubles de sevrage des enfants. Madame Touré Ramatou Keita, une tradipraticienne de santé spécialisée dans la prise en charge des troubles de sevrage des enfants au Mali, utilise une recette à base de *Combretum lecardii* Engl & Diels. L'objectif de la présente étude était de collecter des données de sécurité, d'efficacité et de qualité pouvant justifier l'utilisation de *Combretum lecardii* dans certains troubles de sevrage de l'enfant.

## 2. Méthode

La méthode utilisée a consisté à collecter les données sur *Combretum lecardii* en consultant des livres, des sites et des moteurs de recherche (Google, Google scholar, Prota, Sciences directes, Keneya).

## 3. Resultats

### 3.1. Données botaniques

Nom scientifique : *Combretum lecardii* Engl & Diels

**Systématique** : la classification utilisée est l'APG III

Règne : Végétal

Clade: Angiospermes

Clade : Dicotylédones vraies

Clade : Rosidées

Ordre : Myrtales

Famille : Combretaceae

Genre : *Combretum*  
Espèce : *lecardii*

### Noms en langues locales

Les noms en langues locales de *Combretum lecardii* sont répertoriés dans le Tableau 1.

**Tableau 1.** Noms en langues locales de *Combretum lecardii*

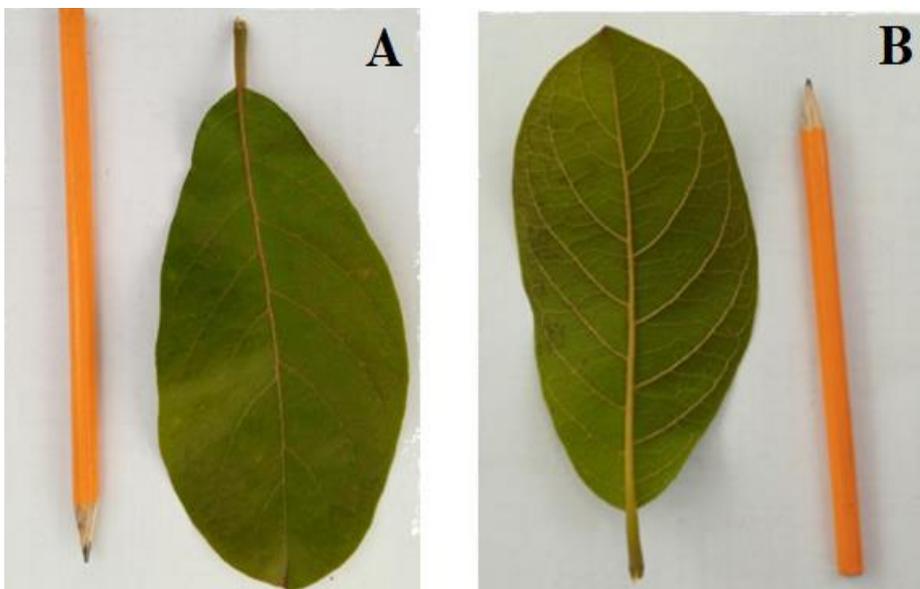
Nom scientifique	<i>Combretum lecardii</i> Engl & Diels
Noms Bamanans	Dèmba fura, tambéré, dèmba iri, buruku toloba
Nom Bassari	a mburimbali
Nom Baynouk	si baïn
Noms Diolas	bu samoontaf, bu sèytaf
Mandingue	kundundingo
Nom Socé	kunindindolo
Nom Fula	Vin de contcham-tchalon
Nom Balanta	Piroriem
Nom Fulfuldé	Debi lahinde

### Caractères macroscopique et microscopique de la poudre de feuilles

Les caractères organoleptiques de la poudre de feuilles ont montré : une poudre de couleur blanc crème (#FDF1B8 de code) à rouge Andrinople (#A91101 de code), de saveur sucrée avec un arrière- goût acide, d'odeur caractéristique, la granulométrie était moyenne. Les éléments microscopiques de poudre de feuilles de *Combretum lecardii* étaient des poils tecteurs unicellulaires, des fibres, du xylème spiralé à ponctué, des graines d'amidon, des cristaux d'oxalate de calcium, du parenchyme et des fragments d'épiderme avec stomates (Tienou, 2020).



**Figure 1.** Pied de *Combretum lecardii* (Traoré, 2022)



**Figure 2.** Face supérieure (A) et face inférieure (B) de feuilles de *Combretum lecardii* (Traoré, 2022).

### **3.2. Utilisations traditionnelles de *Combretum lecardii***

Madame Touré Ramatou Keita utilise *Combretum lecardii* contre les diarrhées, vomissements et la fièvre du sevrage des enfants. La recette utilisée est composée de feuilles de *Combretum lecardii*, prises en décoction par voie orale (un verre de thé du décocté une à deux fois par jour) et en bain corporel jusqu'à guérison.

*Combretum lecardii* est utilisé aussi contre les maladies respiratoires (Catarino et *al.*, 2016), la stérilité et l'avortement (Lestrange et Passot-Guevara, 1981), les infections sexuellement transmissibles (Françoise et *al.*, 2018) et les affections digestives (Haïdara et *al.*, 2022).

### **3.3. Données phytochimiques, physicochimiques et pharmacologiques**

Les études phytochimiques des feuilles de *Combretum lecardii* ont mis en évidence la présence de flavonoïdes, tanins et composés à génines stéroïdiques. Les teneurs en eau sont inférieures à 10%, en cendres totales moyennes sont de 5,5 %, en cendres insolubles dans l'acide chlorhydrique à 10 % sont de 0,3 %. Les teneurs en substances extractibles par l'eau sont de 14 % et substances extractibles par l'éthanol sont de 12 % (Tienou, 2020).

*Combretum lecardii* présente des activités antitussive (Catarino et *al.*, 2016), antibactérienne et antalgique (Françoise et *al.*, 2018 ; Arbonnier, 2009), antidiarrhéique (Ganfou et *al.*, 2019 ; Martini et *al.*, 2004).

#### 4. Discussions

Les données botaniques obtenues ont été signalées par plusieurs auteurs (Arbonnier, 2009 ; Tienou, 2020 ; Mugnier, 2008).

La teneur en eau inférieure à 10 % lui confère une bonne conservation de la poudre sans altération des substances actives. En effet une teneur en eau supérieur à 10% favoriserait les réactions d'oxydation, de fermentation ainsi que la formation de moisissures qui sont des phénomènes préjudiciables à la qualité des substances actives (Evans, 2009). Le faible taux (0,3 %) de cendres insoluble dans l'acide chlorhydrique à 10 % indique un faible taux d'impureté comme la terre, le sable ou autres éléments siliceux (Evans, 2009). La meilleure teneur en substances extractibles obtenue par l'eau indique que ces constituants passent plus dans l'eau que dans d'autres solvants d'où l'intérêt des préparations traditionnelles utilisant de l'eau. Des constantes physiques similaires ont été obtenus avec d'autres Combretaceae (Tienou, 2020).

*Combretum lecardii* est utilisé contre les diarrhées, les vomissements et la fièvre lors du sevrage des enfants. Marcel et Charles, ont signalé l'utilisation des feuilles de *Combretum lecardii* contre les diarrhées rebelles des nourrissons (Marcel et Charles, 2009).

Les composés chimiques de *Combretum lecardii* ont été retrouvés chez d'autres Combretaceae (Tienou, 2020 ; Ganfon et al., 2019 ; Martini et al., 2004). Parmi ces composés, figurent les flavonoïdes et les tanins qui ont des propriétés antidiarrhéiques, justifiant l'utilisation de cette plante dans les diarrhées du sevrage. De même les données pharmacologiques recensées confirment son usage pour la prise en charge des troubles du sevrage (Traoré, 2022).

#### 5. Conclusion

Les données botaniques recensées peuvent servir d'éléments importants pour le contrôle d'identification de *Combretum lecardii* et pour détecter aussi des falsifications avec d'autres espèces végétales. Les données sur les utilisations traditionnelles, la phytochimie et la pharmacologie, justifient l'usage de *Combretum lecardii* dans les troubles du sevrage de l'enfant. Cette étude contribuera à la mise au point d'un nouveau médicament traditionnel amélioré à base de *Combretum lecardii* pour la prise en charge des troubles du sevrage de l'enfant.

**Conflit d'intérêt:** Il n'y a pas eu de conflit d'intérêts.

**Contributions des auteurs:** MLD a conçu, conduit l'étude et participé à la rédaction de l'article. AD, DD et DT ont participé à la rédaction de l'article. RS a relu et corrigé l'article.

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

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

**Remerciements:** Les auteurs remercient surtout Madame Touré Ramatou Keita qui a bien voulu nous donner sa recette et le personnel du Département de Médecine Traditionnelle de l'Institut National de Santé Publique.

### References:

1. Arbonnier M. (2009). Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'ouest (3ème édition), Quae: MNHN.
2. Azagoh KR., Enoh Js., Niangue B., Cissé L., Oulai Sm. & Andoh J. (2013). Connaissances et pratiques des mères d'enfants de 6 a 18 mois relatives à la conduite du sevrage: cas de l'hôpital général de Marcory. Mali Medical, 28(4).
3. Catarino L., Havik PJ., & Romeiras MM. (2016). Medicinal plants of Guinea-Bissau: Therapeutic applications, ethnic diversity and knowledge transfer. Journal of ethnopharmacology, 183 :71-94.
4. Pères Charles B. et Marcel F. (2009). Richesses Médicinales du Bénin, Burkina Faso, Mali, Sénégal, Togo... Editions Donniya, Bamako, 160 p.
5. Diallo S., Dussart C. (2008). Importance de la médecine traditionnelle au Mali. Santé Décision Management, 57-64.
6. Evans, WC. (2009). Trease and Evans Pharmacognosy, International Edition E-Book., Elsevier Health Sciences, Saunders Elsevier, London, 614p.
7. Françoise AA., Koffi K., William D., Emmanuel B., Atèhèzi T., Kosi NM. & Messanvi G. (2018). Enquête ethnobotanique sur la prise en charge traditionnelle de l'infertilité féminine dans la Région sanitaire des Savanes au Togo. European Scientific Journal, 14.
8. Ganfon H., Houvohehou JP., Assanhou AG., Bankole HS., & Gbenou J. (2019). Activité antibactérienne de l'extrait éthanolique et des fractions de *Anogeissus leiocarpa* (DC) Guill. Et Perr. (Combretaceae). International Journal of Biological and Chemical Sciences, 13(2) : 643-651.
9. Haïdara M., Dénou A., Tienou MH., Ly M., Kamaté B., Djimé A. & Sanogo R. (2022). Etude pharmacognosique de trois Combretaceae, utilisées en médecine traditionnelle dans la prise en charge de cancers au Mali. Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie, 51: 31-37.

10. Humphrey LT. (2010). Weaning behaviour in human evolution. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 21: 453–461.
11. Lestrangere MTD. & Passot-Guevara B. (1981). De la grossesse au sevrage, chez les Bassari, les Peul et les Boïn de Salemata (Sénégal oriental). *Journal des africanistes*, 51(1) : 23-41.
12. Malzy P. (1954). Quelques plantes du Nord Cameroun et leurs utilisations (suite et fin). *Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée*, 1(7-9) : 317-332.
13. Martini ND., Katerere DRP., & Eloff JN. (2004). Biological activity of five antibacterial flavonoids from *Combretum erythrophyllum* (Combretaceae). *Journal of ethnopharmacology*, 93(2-3) : 207-212.
14. Mugnier J. Nouvelle flore du Sénégal et des régions voisines. 2008.
15. Tienou MH. (2020). Plantes de la famille des Combretaceae utilisées en médecine traditionnelle ,sources de principes actifs anticancéreux. Thèse de Doctorat en pharmacie, Faculté de Pharmacie, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, 125p.
16. Traoré D. (2022). *Combretum lecardii* Engl & Diels (Combretaceae), utilisée dans le traitement traditionnel des troubles du sevrage des enfants. Thèse de Doctorat en pharmacie, Faculté de Pharmacie, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, 37p.
17. Weaver L. & Michaelsen KF. (2001). A good start in life: breast is best, but complementary foods should not be worse. *Nutrition*, 17(6) :481-483.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## Comparative Study of Two Monoterpenes Effect on *Rhipicephalus microplus* Tick

*Anass Coulibaly*

*Delphine M. Hema*

Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT),  
Département Substances Naturelles, Ouagadougou, Burkina Faso  
Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone  
Subhumide (CIRDES), Unité des maladies Vectorielles et Biodiversité  
(UMaVeB), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Laboratoire de Biochimie et de Chimie Appliquées (LA.BIO.CA),  
UFR/SVT, Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

*Martin Kiendrebeogo*

Laboratoire de Biochimie et de Chimie Appliquées (LA.BIO.CA),  
UFR/SVT, Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

*Roger C.H Nebie*

Institut de Recherche en  
Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), Département  
Substances Naturelles, Ouagadougou, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p34](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p34)

Submitted: 12 June 2023  
Accepted: 04 August 2023  
Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)  
Under Creative Commons CC-BY 4.0  
OPEN ACCESS

*Cite As:*

Coulibaly A., Hema D. M., Kiendrebeogo M. & Nebie R.C.H. (2023). *Comparative Study of Two Monoterpenes Effect on Rhipicephalus microplus Tick*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 34. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p34>

### Abstract

The cattle tick *Rhipicephalus microplus* is one of the most important ectoparasites for livestock in tropical and subtropical areas worldwide. This tick hurts the economy of the milk and meat production chain. In addition, it constitutes a vector for the transmission of Anaplasmosis and Babesiosis pathogens. The control of *R. microplus* populations is mainly based on the use of synthetic acaricides. However, using this control method presents a danger to humans and the environment and leads to the emergence of resistant tick populations. In this situation, searching for ecological and effective control

alternatives is essential. Thus, plant extracts constitute a promising solution, particularly essential oils and their active compounds. Thus, the present study aims to assess the acaricidal activity of two monoterpenes (Thymol and 1.8 cineole) abundantly found in essential oils to find an alternative to synthetic acaricides. The acaricidal activity was determined according to the method of larval immersion test (LIT). Eight concentrations were tested and R software version 4.0.3 was used for data analysis. Results showed 100 % larval mortality rates for the two monoterpenes with LC50 and LC90 values of (0.28 and 0.64) and (0.64 and 2.66) respectively, for thymol and 1.8 cineole for the immersion time of 5 min. For 10 min of immersion, all LC values decreased for the two monoterpenes. These findings highlight the potential of the thymol and 1.8 cineole as an alternative for managing *R. microplus* tick.

---

**Keywords :** Acaricidal activity, Thymol, 1.8 cineole, Ticks, *Rhipicephalus microplus*

## 1. Introduction

*Rhipicephalus microplus* is an endemic important tick specie causing significant loss and damage to livestock production in tropical and subtropical regions of the world (Rodriguez-Vivas et al., 2018; Diaz et al., 2019). This tick affects animal welfare, resulting in stress, anemia due to blood spoliation, reduction of productive and reproductive performance, and transmits hemiparasites causing bovine babesiosis and anaplasmosis (Chagas, 2012). The main method of controlling ticks is the use of synthetic acaricides (Quadros et al., 2020 ; Obaid et al., 2022). However, this control method has led to the emergence of resistant tick populations (Gupta et al., 2021 ; Dzemo et al., 2022). In searching for alternatives to synthetic acaricides, plant extracts in particular essential oils (EOs) appear promising (Rodriguez-Vivas et al., 2018 ; Selles et al., 2021). Indeed, EOs are particularly advantageous because of their low toxicity, low persistence, and their complex chemistry that hinders the development of resistance in parasites (Mello-Peixoto et al., 2013). Furthermore, previous work has shown that the biological activity of EOs is closely related to their chemical composition (Adenubi et al., 2016 ; Djebir et al., 2019). In addition, other studies have shown that this activity is mainly due to monoterpene compounds in essential oils (Zielińska-Błajet et al., 2020 ; Liu et al., 2022). Thymol and 1,8-cineole are monoterpenes in several EOs. Thymol (2-isopropyl-5-methylphenol) is mainly present in EOs of plants of the *Lamiaceae*, *Verbenaceae*, *Scrophulariaceae*, *Ranunculaceae* and *Apiaceae* families (Marchese et al., 2016). Many biological properties have been reported on this compound, including antioxidant, anti-inflammatory, antibacterial and antifungal properties (Marchese et al., 2016 ; Kowalczyk et al., 2020).

1.8 cineole (1,8-Epoxy-*p*-menthane) or eucalyptol is mainly derived from the EOs of plants in the *Lamiaceae*, *Myrtaceae* and *Zingiberaceae* families (Cai et al., 2021). Many pharmacological properties have been reported on thymol, including anti-inflammatory, antioxidant, antimicrobial, mucolytic, broncholytic, anticancer, etc. (Cai et al., 2021).

The present study aims to evaluate the acaricidal activity of thymol and 1.8 cineole on *R. microplus* larvae to find a natural and effective bio-acaricide.

## 2. Materials and methods

### 2.1 Origin of ticks and chemical material

The Adult females of *R. microplus* ticks were collected from Kimini (10.100000, -4.783330), a locality located in the Southwest region of Burkina Faso. The strain has been identified in the laboratory of CIRDES (Walker et al., 2003). These were immediately oviposited under optimal temperature ( $28 \pm 1$  °C) and relative humidity ( $85 \pm 5\%$ ) to produce eggs and then larvae after approximately 14 and 22 days of incubation, respectively. Fourteen days after the first observation of larvae, bioassays were performed. Thymol and 1.8 cineole standards were purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA).

### 2.2 Acaricidal activity

The LIT test was used to evaluate the acaricidal activity of thymol and 1.8 cineole against *R. microplus* larvae with minor modifications according to the protocol described by Klafke et al. (2012). Eight concentrations (0.25, 0.5, 1, 1.75, 2.5, 3.75, 4.25 and 5 mg/mL) were used and the experiment was carried out in three replicates for each treatment. A solution (positive control) containing 1.0% of ethanol and the tween 20 at 3 % was used to dilute the standards. Thus, larvae (approximately 300 to 500) aged 14 days were previously placed with a brush between two pieces of Whatman paper No.1. 3 ml of the control solution was first applied to these larvae, which remained immersed for 5 minutes. They were then transferred to filter-paper packages (Whatman No.1) and sealed with “Bulldog” clips. This process was done in triplicate for all the treated larvae and controls. The test is repeated with a larval immersion time of 10 minutes. Both packages containing control and treated groups with thymol and 1.8 cineole were placed in the incubator under 27-28°C and 80-95% relative humidity for 24 h. After this period, dead and live larvae were counted to calculate mortality rates according to the following formula :

$$\text{Mortality (\%)} = \frac{\text{dead larvae}}{\text{total of larvae}} \times 100$$

The Abbott formula has corrected the mortality rate of control groups when this rate exceeds 5 % (Abbot, 1925). Larvae without movement were diagnosed dead, and only larvae that could move around were recorded as alive (Perez-Cogollo et al., 2010).

### 2.3 Statistical analysis

Statistical analysis was performed using R software version 4.0.3. The mean values for each treatment were subjected to an analysis of variance (one-way ANOVA) followed by Tukey's test at the 5% significance level. The lethal LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> concentrations were determined with their respective 95% confidence intervals by probit analysis with GraphPad prism 7.0.

## 3. Results

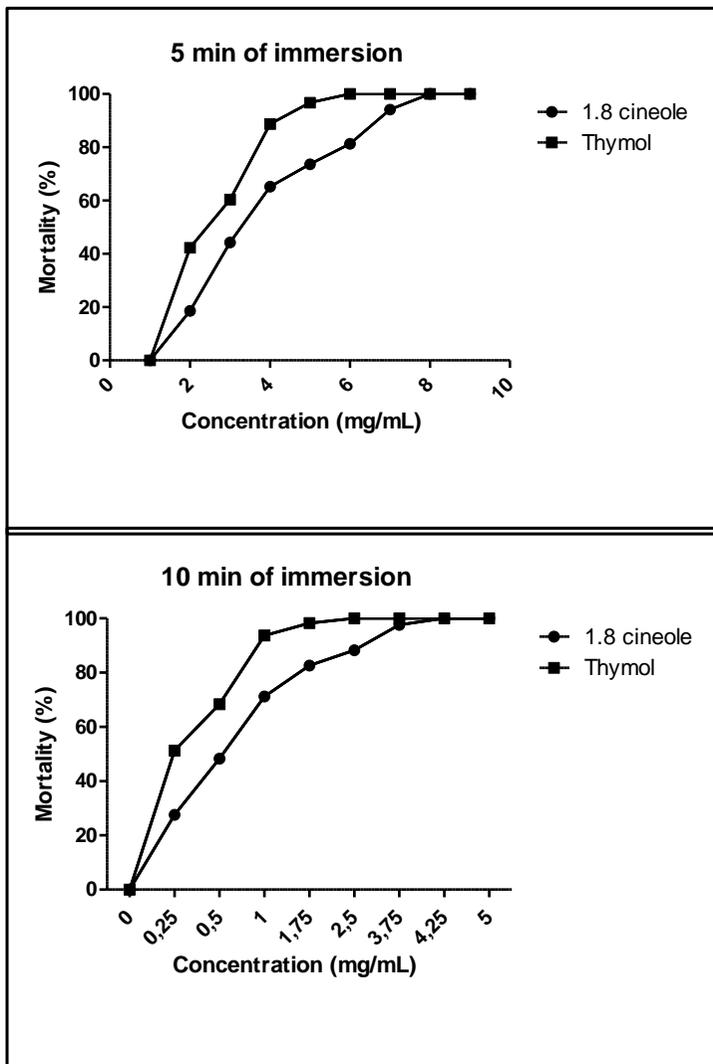
Results of larval mortality rates of thymol and 1.8 cineole at different concentrations during 5 and 10 minutes were recorded in Table 1.

**Table 1.** Larval mortality rates of thymol and 1.8 cineole

Concentrations (mg/mL)	5 min		10 min	
	Mortality rate (% ± SD)		Mortality rate (% ± SD)	
	Thymol	1.8 cineole	Thymol	1.8 cineole
0.25	42.3 ± 0.11 <sup>d</sup>	18.6 ± 0.07 <sup>d</sup>	51.3 ± 0.11 <sup>c</sup>	27.6 ± 0.01 <sup>d</sup>
0.50	60.4 ± 0.70 <sup>c</sup>	44.3 ± 0.21 <sup>c</sup>	68.4 ± 0.70 <sup>b</sup>	48.3 ± 0.52 <sup>c</sup>
1.00	88.7 ± 0.56 <sup>b</sup>	65.2 ± 0.53 <sup>b</sup>	93.7 ± 0.56 <sup>a</sup>	71.2 ± 0.26 <sup>b</sup>
1.75	96.7 ± 0.56 <sup>a</sup>	73.6 ± 0.61 <sup>b</sup>	98.3 ± 0.56 <sup>a</sup>	82.6 ± 0.22 <sup>a</sup>
2.50	100 <sup>a</sup>	81.3 ± 0.46 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>	88.3 ± 0.83 <sup>a</sup>
3.75	100 <sup>a</sup>	94.1 ± 0.73 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	97.6 ± 0.83 <sup>a</sup>
4.25	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
5.00	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>

**a, b, c, d:** Letters indicating different statistical groups. Identical letters in the same column indicate homogeneous statistical groups. Different letters indicate different statistical groups; **SD:** Standard deviation.

The larval mortality rates of thymol and 1.8 cineole for 5 and 10 minutes of immersion were represented as a function of concentration (Figure 1).



**Figure 1.** Mortality rate of thymol and 1.8 cineole for 5 and 10 min of immersion

Both monoterpenes caused 100% mortality rates on the larvae of the *R. microplus* tick. Thymol caused more larval mortality compared to 1.8 cineole. The lethal concentrations LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub> were determined and results have been reported in Table 2.

**Table 2.** LC<sub>50</sub> et LC<sub>90</sub> of thymol and 1.8 cineole

Monoterpenes		5 min		10 min	
		LC (mg/mL ± SD)	CI	LC (mg/mL± SD)	CI
Thymol	LC <sub>50</sub>	0.28 ± 0.03	[0.11- 0.50]	-	-
	LC <sub>90</sub>	1.21 ± 0.01	[1.01- 3.02]	0.95 ± 0.07	[1.01- 2.07]
1.8 cineole	LC <sub>50</sub>	0.64 ± 0.05	[0.50 -0.83]	0.52 ± 0.01	[0.36 -0.73]
	LC <sub>90</sub>	2.66 ± 0.02	[2.50 - 3.81]	2.53 ± 0.03	[1.40 - 2.91]

LC : Lethal concentrations ; CI : Confidence intervals; LC<sub>50</sub>: dose causing the mortality of 50% of larvae; LC<sub>90</sub>: dose causing the mortality of 90% of larvae, SD: Standard deviation.

#### 4. Discussion

In the current study, the LIT test was carried out twice. The larvae were immersed for 5 min the first time, and the second time, they were immersed for 10 min. For the 5 min immersion time, the effect of 1.8 cineole caused larval mortality rates ranging from 18.6 at the concentration of 0.25 mg/mL to 100% at 4.25 mg/mL. Thymol's lowest concentration caused 42.3% mortality; at 2.5% concentration, all larvae were eliminated. For the 10 min immersion time, 27.6 % mortality was recorded by 1.8 cineole at the lowest concentration, and at 4.25 mg/mL, this compound caused 100% larval mortality. As for thymol, larval mortality rates ranged from over 50% at the lowest concentration (0.25 mg/mL) to 100% mortality from 2.5 mg/mL.

Only a few studies have been realized on the acaricidal activity of 1.8-cineole. However, its acaricidal activity against *Sarcoptes scabiei* has been reported (Hu et al., 2015). In addition, It has been demonstrated that 1.8 cineole was active on the reproductive parameters of the tick *R. microplus* (Queiroz et al., 2020). Indeed, these authors showed that this compound caused an inhibition of the oviposition and hatching rates. Also, other authors have reported the acaricidal activity of an essential oil of *Eucalyptus globulus* with 1.8 cineole as the most abundant compound against the tick *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus* (Adenubi et al., 2021).

For thymol, several previous studies have reported its acaricidal effects on the tick *R. microplus*. Indeed, it has been shown that the thymol was effective on the tick *R. microplus* with an LC<sub>50</sub> value of 1.81 mg/mL (Lima et al., 2017). Similarly, a study showed that this compound was active on *R. microplus* tick with an LC<sub>50</sub> of 4.46 mg/mL (Cruz et al., 2013). In addition, another study found over 99% mortality of *R. microplus* larvae due to thymol (Scoralik et al., 2012). Furthermore, acaricide and ovicide activities of thymol on engorged females and eggs of *R. microplus* have been proven (De Oliveira Monteiro et al., 2010).

In the current study, the value of the lethal concentration  $LC_{50}$  was 0.28 mg/mL for thymol. This value was lower than those obtained in the previously mentioned studies performed on *R. microplus* larvae (De Oliveira Monteiro et al., 2010 ; Scoralik et al., 2012 ; Cruz et al., 2013 ; Lima et al., 2017). This shows that the thymol used in the present study was more active. The sensitivity of the larvae to the product can explain this. Indeed, some larvae can be more sensitive than others when faced with a given product.

The lethal concentrations ( $LC_{50}$  and  $LC_{90}$ ) of 1.8 cineole were higher than that of thymol, indicating that thymol was more active on *R. microplus* larvae than 1.8 cineole. Indeed, numerous studies have been reported on the activity of thymol as an insecticide, acaricide, and animal repellent (Escobar et al., 2020). The acaricidal efficacy of thymol compared to 1.8 cineole could also be linked to the fact that thymol is a phenolic compound. A hydroxyl group on its aromatic ring confers a high reactivity to this compound compared to 1.8 cineole which is chemically more stable from a structural point of view (Platzer et al., 2022).

Furthermore, the results showed that the larval mortality rates of thymol and 1.8-cineole differed when the larvae were immersed for 5 or 10 min. Indeed, for 1.8 cineole, the  $LC_{50}$  concentration increased from 0.64 to 0.52 mg/mL, and the  $LC_{90}$  concentration increased from 2.66 to 2.53 mg/mL. For thymol, the  $LC_{50}$  concentration could not be determined because mortality rates at the lowest concentration exceeded 50% mortality. As for the  $LC_{90}$  concentration, its value decreased from 1.21 to 0.95 mg/mL. These results indicate that the mortality rates increased with increasing immersion time of the larvae under both compounds.

Previous studies have revealed the molecular targets of 1.8-cineole and thymol on the tick *R. microplus*. Indeed, it has been shown that these two compounds act on *R. microplus* larvae as acetylcholinesterase inhibitors (Cardoso et al., 2020). For thymol, another study showed that this compound induces the increased activity of antioxidant and detoxifying enzymes in *R. microplus* larvae (Tavares et al., 2022). The acaricidal effect observed by thymol and 1.8 cineole in our study may be related to these mechanisms of action. However, further investigations are needed.

## Conclusion

The present study has permitted us to compare the acaricidal activity of 1.8 cineole and thymol on the larvae of the tick *R. microplus*. Thymol was more active than 1.8 cineole but both compounds showed interesting mortality rates. The efficacy of thymol could probably be explained by its chemical structure making it more active than 1.8 cineole. The results of this study could lead to the development of new effective acaricide formulations based on these two monoterpenes for the control of *R. microplus* tick. However, questions

relating to the mechanisms of action of these products and their toxicity need to be addressed.

**Acknowledgements:** We gratefully acknowledge our collaborators in particular the breeders who participated in this study.

**Author's contributions:** All authors jointly planned the study and analysis. The acaricidal activity was evaluated by Anass COULIBALY and Delphine M. HEMA. Anass COULIBALY and Delphine M. HEMA drafted the first version of the manuscript. Martin KIENDREBEOGO and Roger C.H NEBIE revised it. All authors approved the final version of the manuscript.

**Data Availability:** The data used to support the findings of this study are included in this article. Any required further information can be provided by the corresponding author upon request.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflicts of interest.

**Funding statement:** This research was funded by the Islamic Bank of Development (IsDB).

## References:

1. Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol*, 18, 265–267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>.
2. Adenubi, O.T., Abolaji, AO., Salihu, T., Akande, F.A., Lawal, H. (2021). Chemical composition and acaricidal activity of Eucalyptus globulus essential oil against the vector of tropical bovine piroplasmiasis, *Rhipicephalus (Boophilus) annulatus*. *Exp Appl Acarol*, 83(2), 301-312. [https://doi : 10.1007/s10493-020-00578-z](https://doi.org/10.1007/s10493-020-00578-z).
3. Adenubi, O.T., Fasina, F.O., McGaw, L.J., Eloff, J.N., & Naidoo, V. (2016). Plant extracts to control ticks of veterinary and medical importance: A review. *South African Journal of Botany*, 105, 178–193. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.03.010>.
4. Cai, Z.M., Peng, J.Q., Chen, Y., Tao, L., Zhang, Y., Fu, L., Long, Q., & Shen, X. (2021). 1,8-cineole: a review of source, biological activities, and application. *J Asian Nat Prod Res*, 23(10), 938-954. [http//doi: 10.1080/10286020.2020.1839432](http://doi:10.1080/10286020.2020.1839432).
5. Cardoso, A.D.S., Santos, E.G.G., Lima, A.D.S., Temeyer K.B., Adalberto, Perez de Leon A.A., Costa L.M.J., & Soares, A.M.D.S.2020. Terpenes on *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* :

- Acaricidal activity and acetylcholinesterase inhibition. *Veterinary Parasitology* 280, 109090. [https://doi : 10.1016/j.vetpar.2020.109090](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109090).
6. Chagas, A.C.S., Barros, L.D., Cotinguiba, F., Furlan, M., Giglioti, R., Oliveira, M.C. S., & Bizzo, H. R. (2012). In vitro efficacy of plant extracts and synthesized substances on *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Parasitol Res*, 110 (1), 295–303. [https://doi :10.1007/s00436-011-2488-z](https://doi.org/10.1007/s00436-011-2488-z).
  7. Cruz, E.M.O., Costa, J.L.M., Pinto, J.A.O., Santos, D.A., De Araujo, S.A., Arrigoni-Blank, M.F., Bacci, L., Alves, P.B., Cavalcanti, S.C.A., & Blank, A.F. (2013). Acaricidal activity of *Lippia gracilis* essential oil and its major constituents on the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Vet Parasitol* ,195(2013),198-202. [https://doi: 10.1016/j.vetpar.2012.12.046](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.12.046).
  8. De Oliveira Monteiro, C.M., Daemon, E., Silva, A.M., Maturano, R., & Amaral, C. (2010). Acaricide and ovicide activities of thymol on engorged females and eggs of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Parasitol Res*, 106(3), 615-9. [https://doi : 10.1007/s00436-009-1709-1](https://doi.org/10.1007/s00436-009-1709-1).
  9. Díaz, E.L, Camberos, E.P., Herrera, G.A.C., Espinosa, M.E., Andrews, HE., Buelnas, N.A.P., Ortega, A.G., & Velázquez, M.M., (2019). Development of essential oil-based phyto-formulations to control the cattle tick *Rhipicephalus microplus* using a mixture design approach. *Experimental parasitology*,201, 26-33. [https://doi : 10.1016/j.exppara.2019.04.008](https://doi.org/10.1016/j.exppara.2019.04.008).
  10. Djebir, S., Ksouri, S., Trigui, M., Tounsi, S., Boumaaza, A., Hadeif, Y., & Benakhla, A.(2019). Chemical composition and acaricidal activity of the essential oils of some plant species of lamiaceae and myrtaceae against the vector of tropical bovine Theileriosis: *Hyalomma scupense* (syn. *Hyalomma detritum*). *BioMed Research International*. <https://doi.org/10.1155/2019/7805467>.
  11. Dzemo, W.D., Thekiso, O., Vudriko, P. (2022). Development of acaricide resistance in tick populations of cattle: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, 8 (1), e08718. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08718>.
  12. Escobar, A., Pérez, M., Romanelli, G., & Blustein, G. (2020).Thymol bioactivity: A review focusing on practical applications. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(12), 9243-9269. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.11.009>.
  13. Gupta, S., Surbhi., & Kumar, S., (2021). Detection of deltamethrin resistance in cattle tick, *Rhipicephalus microplus* collected in Western Haryana state of India. *J Arthropod Borne Dis* 15 (4), 389-396. [http//doi: 10.18502/jad.v15i4.10503](http://doi.org/10.18502/jad.v15i4.10503).

14. Hu, Z., Chen, Z., Yin, Z., Jia, R., Song, X., Li, L., Zou, Y., Liang, X., Li, L., He, C., Lin, L., Lv, C., Zao, L., Su, G., Ye, G., Shi, F. (2015). In vitro acaricidal activity of 1,8-cineole against *Sarcoptes scabiei* var. *cuniculi* and regulating effects on enzyme activity. *Parasitol Res*, 114(8), 2959-67. [https://doi: 10.1007/s00436-015-4498-8](https://doi.org/10.1007/s00436-015-4498-8).
15. Kowalczyk, A., Przychodna, M., Sopata, S., Bodalska, A., & Fecka, I.(2020). Thymol and thyme essential oil—new insights into selected therapeutic applications. *Molecules*, 25(18), 4125. [https://doi: 10.3390/molecules25184125](https://doi.org/10.3390/molecules25184125).
16. Klafke, G.M., Castro-Janer, E., Mendes, M.C., Namindome, A., & Schumaker, T.T.S. (2012). Applicability of in vitro bioassays for the diagnosis of ivermectin resistance in *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). *Vet Parasitol*, 184 (2-4), 212-20. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.09.018>.
17. Lima, A.S., Milhomem, M.N., Monteiro, O.S., Arruda, A.C.P., De Castro, J.A.M., Fernandes, Y.L.M., Maia, J.G.S., & Costa-Junior, L.M. (2017). Seasonal analysis and acaricidal activity of the thymol-type essential oil of *Ocimum gratissimum* and its major constituents against *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). *Parasitology Research*, 117(1), 59-65. <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5662-0>.
18. Liu, Z., Li, Q.X., & Song, B.(2022). Pesticidal activity and mode of action of monoterpenes. *J Agric Food Chem*, 70(15), 4556-4571. [https://doi : 10.1021/acs.jafc.2c00635](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c00635).
19. Marchese, A., Orhan, I.E., Daglia, M., Barbieri, R., Di Lorenzo, A., Nabavi, S.F., Gortzi, O., Izadi, M., Nabavi, S.M. (2016). Antibacterial and antifungal activities of thymol: A brief review of the literature. *Food Chem*, 210, 402-14. [https://doi : 10.1016/j.foodchem.2016.04.111](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.111).
20. Mello-Peixoto, E.C.T., Figueiredo, A., Novo, S.M.F., Porto, E.P., Valadares, F., Da Silva, L.P., & Da Silva, R.M.G. (2013). Application of *Cymbopogon winterianus* Jowitt and *Azadirachta indica* A. Juss in the control of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *J. Med. Plants Res*, 7(32), 2392–2398. <https://doi.org/10.5897/JMPR12.1218>.
21. Obaid, M.K., Islam, N., Alouffi, A., Khan, A.Z., Vaz, Jr, I.D.S., Tanaka, T., & Abid Ali. (2022). Acaricides resistance in ticks: Selection, diagnosis, mechanisms, and mitigation. *Front Cell Infect Microbiol* 12, 941831. [http//doi: 10.3389/fcimb.2022.941831](http://doi: 10.3389/fcimb.2022.941831).
22. Perez-Cogollo, L.C., Rodriguez-Vivas., R.I., Ramirez, C.G.T., & Miller, R.J. (2010). First report of the cattle tick *Rhipicephalus microplus* resistant to ivermectin in Mexico. *Vet Parasitol*, 168 ,165–169. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.10.021>.

23. Platzer, M., Kiese, S., Tybussek, T., Herfellner, T., Schneider, F., Schweiggert-Weisz, U., & Eisner, P., (2022). Radical scavenging mechanisms of phenolic compounds : A Quantitative Structure-Property Relationship (QSPR) Study. *Front Nutr.* 9, 882458. <http://doi:10.3389/fnut.2022.882458>.
24. Quadros, D.G., Johnson, T.L., Whitney, T.R, Olivier, J.D., & Chávez, A.S.O., (2020). Plant-derived natural compounds for tick pest control in livestock and wildlife: Pragmatism or Utopia? *Insects*, 11(8), 490. <https://doi.org/10.3390/insects11080490>.
25. Queiroz, D.V.T., Campos, N.C., Nunes, E.T., Costa, A.V., Coelho, J.D., Trivilin, L.O., De Melo, D.C.A., Morais, P.A.B., Martins, I.V.F. (2020). 1,8-cineole and castor oil in sodium lauryl ether sulfate disrupt reproduction and ovarian tissue of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Med Vet Entomol* , 34(3), 316-326. <https://doi.org/10.1111/mve.12444>.
26. Rodriguez-Vivas, R.I., Jonsson, N.N., & Bhushan, C. (2018). Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. *Parasitol Res*, 117(1), 3-29. <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5677-6>.
27. Scoralik, M.G., Daemon, E., de Oliveira Monteiro, C.M., & Maturano, R. (2012). Enhancing the acaricide effect of thymol on larvae of the cattle tick *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) by solubilization in ethanol. *Parasitol Res*, 110(2), 645-8. <https://doi.org/10.1007/s00436-011-2539-5>.
28. Selles, S.M.A., Koudri, M., González, M. G., González, J., Sánchez, M., González-Coloma, A., Sanchis, J., Elhachimi, M., Olmega, S., Tercero, J.M., & Valcárcel, F. (2021). Acaricidal and repellent effects of essential oils against ticks: A review. *Pathogens*, 10 (11), 1379. <https://doi.org/10.3390/pathogens10111379>.
29. Tavares, C.P., Sabadin, G.A., Sousa, I.C., Gomes, M.N., Soares, A.M.S., Monteiro, C.M.O., Vaz Jr, I.S., & Costa-Junior, L.M. (2022). Effects of carvacrol and thymol on the antioxidant and detoxifying enzymes of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). *Ticks and Tick-Borne Diseases*, 13(3), 101929. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2022.101929>.
30. Walker, A.R., Bouattour, A., Camicas, J.L., Estrada-Penã A., Horak, I.G., Latif, AA., Pegram, R.G., & Preston, P.M. (2003). Ticks of domestic animals in Africa :A guide to identification of species. Bioscience Reports; Edinburgh, p.221. [www.biosciencereports.pwp.blueyonder.co.uk](http://www.biosciencereports.pwp.blueyonder.co.uk).

31. Zielińska-Błajet, M., & Feder-Kubis, J.(2020). Monoterpenes and their derivatives-recent development in biological and medical applications. *Int J Mol Sci*, 21(19),7078. doi: 10.3390/ijms21197078.

## **Cancer de la Prostate Révélé par un Myélogramme Pathologique: A Propos d'Un Cas**

*Anne Stredy Mkoh Dikao*

*Michel Michael Agoukpe*

*Jules Bruno Djiepti*

*Roland Milolo Sance*

*Magloire Yévi*

*Fred Hodonou*

*Justin Dehoumon*

*Josue Dejinnin Georges Avakoudjo*

Clinique Universitaire d'Urologie et d'Andrologie, Centre National  
Hospitalier Universitaire (CNHU) Hubert Koutoukou MAGA (HKM)

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p46](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p46)

---

Submitted: 26 August 2021

Accepted: 01 August 2023

Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Dikao A.S.M., Agoukpe M.M., Djiepti J.B., Sance R.M., Yévi M., Hodonou F., Dehoumon J. & Avakoudjo J.D.G. (2023). *Cancer de la Prostate Révélé par un Myélogramme Pathologique: A Propos d'Un Cas*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 46.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p46>

---

### **Résumé**

La majorité des cancers de la prostate sont diagnostiqués à un stade tardif en Afrique subsaharienne. Les complications hématologiques du cancer de la prostate surviennent au cours d'une évolution péjorative. Nous rapportons un cas révélé par une complication hématologique. Un patient de 70 ans a présenté une bicytopénie. Il avait des antécédents de myocardiopathie et de polytransfusion. Il a été admis en hématologie pour recherche étiologique d'une bicytopénie sévère. La réalisation d'un myélogramme à visée de recherche étiologique a identifié des cellules métastatiques d'origine prostatique. L'examen anatomopathologie des carottes de biopsie prostatique a révélé un adénocarcinome prostatique infiltrant, score de Gleason 7 (4 + 3), ISUP (International Society of Urological Pathologie) 3. L'hormonothérapie et les transfusions sanguines associées aux bisphosphonates ont constitué l'essentiel du traitement. L'évolution sous ce traitement a été favorable sur le

plan clinique avec une amélioration de l'état général et biologique avec une normalisation de la lignée rouge à 3mois de traitement et un PSA (Prostate Specific Antigen) au nadir après 6mois de traitement. Les complications hématologiques de la néoplasie prostatique notamment dues à l'envahissement médullaire sont source d'égarement diagnostique. Elles méritent d'être connues des cliniciens puisqu'elles peuvent être révélatrices de ce cancer au stade métastatique.

---

**Mots-clés:** Cancer de la prostate, myélogramme, bicytopenie, biopsie prostatique

---

## **Prostate Cancer Revealed by Pathologic Myelogram : Case Report**

*Anne Stredy Mkoh Dikao*

*Michel Michael Agounkpe*

*Jules Bruno Djiepti*

*Roland Milolo Sance*

*Magloire Yévi*

*Fred Hodonou*

*Justin Dehoumon*

*Josue Dejinnin Georges Avakoudjo*

Clinique Universitaire d'Urologie et d'Andrologie, Centre National  
Hospitalier Universitaire (CNHU) Hubert Koutoukou MAGA (HKM)

---

### **Abstract**

The majority of prostate cancers are diagnosed at a late stage in sub-Saharan Africa. The haematological complications of prostate cancer occur during a pejorative course. We report a case revealed by a haematological complication. A 70-year-old patient presented with bicytopenia. He had a history of cardiomyopathy and polytransfusion. He was admitted to hematology for a etiological investigation of severe bicytopenia. Performing a myelogram for etiological research identified metastatic cells of prostate origin. The pathology examination of the prostate biopsy cores revealed an infiltrating prostatic adenocarcinoma, Gleason score 7 (4 + 3), ISUP (International Society of Urological Pathology) 3. Hormonotherapy and blood transfusions associated with bisphosphonates were the factor essential of treatment. The outcome under this treatment was clinically favorable with an improvement in the general and biological condition with normalization of the red line at 3 months of treatment and a PSA (Prostate Specific Antigen) at

nadir after 6 months of treatment. The haematological complications of prostatic neoplasia, in particular due to spinal cord invasion, are a source of diagnostic error. They deserve to be known to clinicians since they can be indicative of this cancer in the metastatic stage.

---

**Keywords:** Prostate cancer, myelogram, bicytopenia, prostate biopsy

## Introduction

Le cancer de la prostate révélé au décours d'un médullogramme est un évènement rare. Il est le cancer le plus fréquemment associé à des atteintes de la moelle épinière, tant extra-durale par compression plus fréquente (Lizee et al., 2012). Avant la prise en charge, un inventaire clinique et paraclinique est nécessaire afin de déterminer si l'évolution est locale, locorégionale ou à distance. Les ganglions, l'os, le foie, le poumon, et le cerveau sont régulièrement explorés lors du bilan d'extension (Ruffion et al., 2016), contrairement à la moelle osseuse dont la rareté d'exploration est remarquée dans la littérature. Les complications hématologiques du cancer de la prostate faisant suite à l'envahissement de la moelle osseuse surviennent en général tardivement au cours d'une évolution péjorative. Elles sont exceptionnellement révélatrices (Jalali et al., 2004). Nous rapportons l'observation d'un patient porteur de néoplasie prostatique révélé par un évènement hématologique.

## Observation

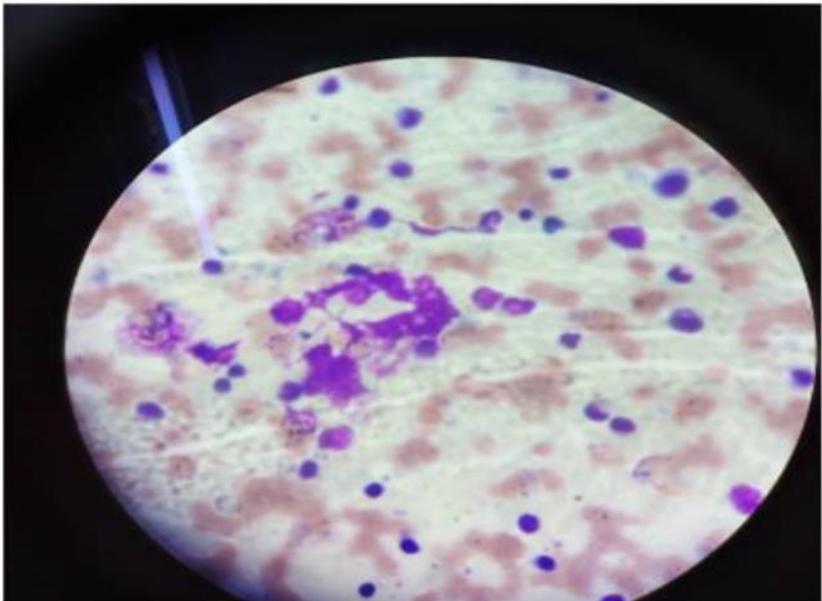
Il s'agissait d'un patient de 70 ans aux antécédents de myocardopathie et de polytransfusion, hospitalisé à la Clinique Universitaire d'Hématologie du CNHU de Cotonou pour recherche étiologique de la bicytopenie (anémie et thrombopénie) sévère à répétition. Au cours de cette hospitalisation, un avis urologique demandé pour symptômes du bas appareil urinaire a retrouvé depuis deux ans une dysurie à type de poussée abdominale, faiblesse du jet, gouttes retardataires, et sensation de vidange incomplète de la vessie, associée à une pollakiurie nocturne chiffrée à 3-4 levées nocturnes et des douleurs osseuses. L'examen physique montrait un état général altéré par l'asthénie, anorexie, amaigrissement IMC (Indice de Masse Corporelle) à 14.95 kg/m<sup>2</sup>, OMS (Organisation Mondiale de la Santé) 3 ; pâleur des muqueuses. Au toucher rectal la prostate était d'allure néoplasique.

Le bilan disponible était fait de PSA Total à 282.97 ng/ml, l'hémogramme montrait essentiellement une anémie sévère à 7.4 g/100 ml normochrome normocytaire, et thrombopénie sévère à 59 G/L ; Le myélogramme montrait un aspect cytologique faisant évoquer des métastases médullaires d'un cancer prostatique (Figure 1) ; Le TP et TCA étaient normaux. L'examen anatomopathologique (Figure 2) après biopsie

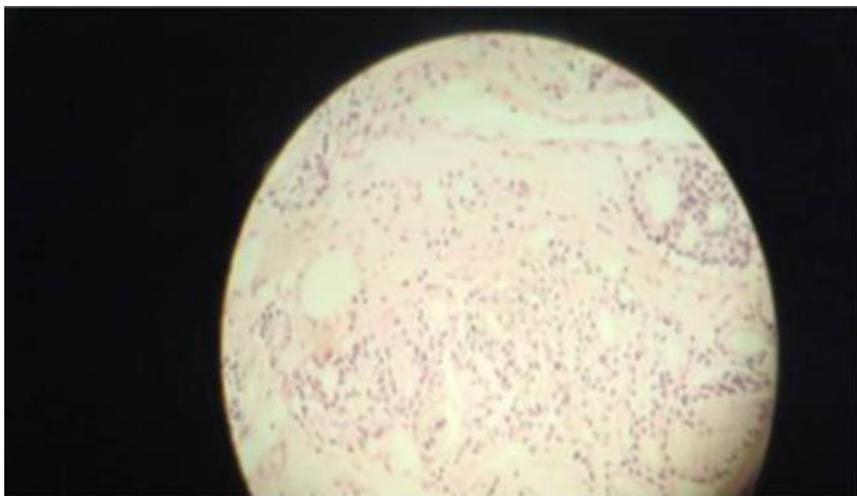
prostatique échoguidée a confirmé la présence d'un adénocarcinome infiltrant, score de Gleason 7 (4 + 3), ISUP 3. L'échographie réno-vésico-prostatique montrait un volume prostatique de 43 ml d'échostructure hétérogène avec un nodule et des calcifications intra prostatiques et un résidu post mictionnel significatif de 155 ml. La coloscopie retrouvait les hémorroïdes internes Grade II très congestives sans tumeur rectale. Le bilan d'extension disponible était une radiographie du rachis Lombo-sacrée révélant de multiples images condensantes et ostéolytiques diffuses de tout le squelette osseux typique de métastases osseuses. Le scanner Thoraco-abdomino-pelvien n'était pas réalisé ainsi que la scintigraphie osseuse.

Le diagnostic de cancer prostatique métastatique classé pT4NxM1c Gleason 7 (4 + 3) ISUP 3 compliquée de bicytopenie par envahissement de la moelle osseuse hématopoïétique était retenue. A la suite d'une réunion de concertation pluridisciplinaire, le patient a été mis sous un support transfusionnel, plasma frais congelé et un blocage androgénique complet par Tryptoreline, et Bicalutamide.

L'évolution a été marquée à trois mois, par une régression notable du PSA Total passé de 282.97-5.08 ng/ml ; une normalisation du taux d'hémoglobine à 11 g/100 ml (versus 7.4 g/100 ml) et des plaquettes à 203 G/L (versus 59 G/L). A six mois, le patient avait un bon état général OMS 1 et sur le plan biologique : PSA Total à 2.4 ng/ml, hémoglobine 12 g/100 ml et plaquette 220 G/L.



*Figure 1. Lame de myélogramme montrant des métastases médullaires*



*Figure 2. Lame d'examen anatomopathologique d'une carotte de biopsie prostatique montrant un adénocarcinome prostatique infiltrant, Gleason 7 (4 + 3)*

## **Discussion**

Le cancer de la prostate métastase fréquemment aux os, mais la participation de la moelle osseuse est relativement moins commune. Dans le cancer avancé de la prostate, une infiltration significative de la moelle osseuse peut entraîner des anomalies hématologiques telles que l'anémie et la thrombocytopénie (Betsch et al., 2017). Le cancer du sein chez les femmes et le cancer de la prostate chez les hommes étaient les tumeurs les plus fréquentes à métastaser à la moelle osseuse suivie par le cancer du poumon qui est en concordance avec de nombreuses études (Chauhan et al., 2016). Cette infiltration génère des complications hématologiques. L'étude menée par Gagandeep Kaur et al. sur les infiltrations métastatiques de la moelle osseuse a retrouvé l'anémie normochrome normocytaire dans 77.7%, la leucopénie et la thrombopénie ont été dans 33.3 % (Kaur et al., 2011). Kriti Chauhan et al. retrouvait au moment du diagnostic d'infiltration de la moelle osseuse que l'anémie était présente avec 62.5%, la thrombocytopénie à 37.5%. Les numérations sanguines étaient normales chez six (37.5 %). La leucocytose a été observée chez quatre patients (25%) (Chauhan et al., 2016). Le cas de notre étude présentait une bicytopénie (anémie et thrombopénie). Albigesa et al. ont rapporté deux cas dont un purement hématologique fait de bicytopénie (anémie: Hb 8.1 g/100 ml; Thrombopénie: 27,000/mm<sup>3</sup>) à la différence de l'absence des signes urinaire (Albiges et al., 2007). Betsch et al. ont décrit un cas de thrombopénie auto-immune compliquant un cancer métastatique de la prostate envahissant la moelle osseuse. Après 2 doses intraveineuses d'immunoglobuline 1 g/kg, le taux plaquettaire est passé de 40.000 à 74,000/mm<sup>3</sup> (Betsch et al., 2017). Le mécanisme de l'association cancer et réaction auto-immune n'est pas encore élucidé. L'âge avancé des patients

diminuant l'immunité les prédisposerait aux métastases osseuses et à la thrombopénie (Spivack et al., 1979) d'autres auteurs évoquent la théorie incluant des anticorps antiplaquettaires et les facteurs viraux (Pedio et al., 1974). Jalali et al. (Jalali et al., 2004) rapportaient un cas présentant une asthénie profonde, douleur osseuse, et pollakiurie, chez un patient hospitalisé en hématologie pour bilan étiologique d'une thrombopénie comme le cas de cette étude. La biopsie ostéomédullaire montrait l'envahissement métastatique massif par un adénocarcinome prostatique moyennement différencié, similaire à cet article où le myélogramme montrait un aspect cytologique faisant évoquer des métastases médullaires. Minato et al. stipulaient que les résultats étaient fiables que ce soit pour la biopsie ostéomédullaire ou le myélogramme pour la recherche des métastases de la néoplasie prostatique (Minato et al., 2012). Nieder et al. (Nieder et al., 2010) ont retrouvées plutôt ces complications chez des patients résistants à la castration sous chimiothérapie au taxotère dans une étude rétrospective. La bicytopenie était marquée par une anémie (Hb < 10 g/100 ml) et la thrombopénie sévère comprise entre 10,000–50,000/mm<sup>3</sup>. Ils ont par ailleurs évoqué que ces anomalies hématologiques devraient rechercher au premier diagnostic des métastases osseuses (Nieder et al., 2010). Le cas rapporté dans la littérature d'une leuco-érythroblastose chez un patient de 66 ans en phase de résistance à la castration avec envahissement de la moelle osseuse argumente sur la nécessité de penser à ce diagnostic en phase de métastases osseuse de la néoplasie prostatique (Salomon et al., 2013)

Le myélogramme montrant un aspect cytologique faisant évoquer des métastases médullaires a permis de mettre en évidence l'origine prostatique. Betsch DM et al. estiment qu'en retrouvant les cellules néoplasiques prostatiques avec présence du PSA, la biopsie de la moelle osseuse confirme l'origine prostatique du cancer (Betsch et al., 2017)

Le PSA était de 282.97 ng/ml. Betsch DM et al. (Betsch et al., 2017) ont retrouvé 276 ng/ml pour un patient dont la thrombopénie était révélatrice du cancer de prostate. Ces valeurs sont similaires aux données de la littérature soulignant le risque de métastases proche de 100% lorsque le PSA est supérieur à 100 ng/ml (Lizee et al., 2012). Il existe une corrélation entre le taux de PSA total et le risque métastatique, notamment au-delà de 20 ng/ml (Rigaud et al., 2002), la survie globale a été statistiquement diminuée chez les patients ayant un PSA initial > 100 ng/ml (p = .0188). La scintigraphie osseuse qui montrerait un aspect évocateur d'une atteinte ostéomédullaire secondaire et diffuse avec infiltration de la moelle osseuse hématopoïétique (Kaur et al., 2011), n'a pu être réalisée.

Pour l'aspect thérapeutique, le patient était mis sous hormonothérapie (blocage androgénique complet) ayant soulagé les douleurs osseuses. Il a aussi bénéficié des apports transfusionnels. Les auteurs dans la littérature, proposaient un certain nombre de moyens médicaux, instrumentaux, et

chirurgicaux à savoir : le traitement hormonal, les bisphosphonates, les inhibiteurs du récepteur de l'endothéline, la radiothérapie, les radio-isotopes, la chirurgie (orthopédique et neurochirurgicale) pour la prise en charge des métastases osseuses (Buyukberber et al., 2001).

L'évolution sous hormonothérapie était marquée par un amendement de l'état générale et une quasi normalisation des troubles hématologiques après 3 mois sous blocage androgénique. Casten et al. ont estimé que la moyenne de survie après diagnostic d'une thrombocytopenie dans le contexte d'un envahissement médullaire par un cancer de la prostate était de 3 semaines à 3 mois. Les patients décédaient pour des complications comme l'hématurie, l'hématome sous dural et les suites opératoires péjoratives après chirurgie d'urgence (Nieder et al., 2010). Albiges et al. ont rapporté sous ce même traitement auquel était adjointe secondairement la chimiothérapie, une baisse significative en quelques semaines du PSA Total une persistance de la thrombopénie et la survenue du décès 4 mois après chez un patient de 55 ans. Dans la même série, une autre évolution péjorative a été noté chez un patient de 59 ans ayant une thrombopénie à 42 G/L compliquant un envahissement de la moelle osseuse par un cancer de la prostate ; le décès est survenu au bout de quelques semaines pour hémorragie cérébrale (Albiges et al., 2007).

## **Conclusion**

Les troubles hématologiques surviennent en général tardivement au cours de l'évolution naturelle du cancer prostatique. De façon exceptionnelle, ils sont révélateurs et source d'égarement diagnostique. Il faut rester vigilant pour ne pas méconnaître un cancer prostatique asymptomatique sur le plan urinaire qui a déjà envahi à contrario la moelle osseuse et provoquant la cascade des complications hématologiques.

**Conflit d'intérêt** : les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt, l'article a été lu et approuvé de tous.

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

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

## **References:**

1. Albiges, L., Cottu, P. -H., Cojean-Zelek, I., Raymond, F., Zerkak, D., Aerts, J., & Ziza, J. -M. (2007). Haematological complications of prostatic cancer : 2 cases, one revealing the neoplasia. *La Revue de*

- médecine interne, 28(3), 176–178.  
<https://doi.org/10.1016/j.revmed.2006.12.007>
2. Betsch, D. M., Gray, S. MD, & Zed, S. E. MD. (2017). A case of metastatic prostate cancer and immune thrombocytopenia. *CurrOncol*, 24(5), e434–e436. <https://doi.org/10.3747/co.24.3592>
  3. Buyukberber, S., Aydogdu, I., Ozen, S., Sevinc, A., & Sari, R.. (2001). Metastatic bone marrow tumours: A report of six cases and review of the litterature. *Haematologia*, 31(3), 215–223. <https://doi.org/10.1163/15685590152763755>
  4. Chauhan, K., Jain, M., Grover, S., Shukla, P., Rusia, U., & Grover, R. K. (2016). Bone marrow metastasis in nonhematologic malignancies. Data from a cancer hospital. *Clin Cancer Investing J*, 5 : 103–9. <https://doi.org/10.4103/2278-0513.177131>
  5. Jalali, K., Chautard, D., Racineux, P., Pabot, D., & Chatelard, P. (2004). Métastases dans la moelle épinière d'un cancer de la prostate. *Prog Urol*, 14, 554–557.
  6. Kaur, G., Basu, S., Kaur, P., Sood, T. (2011). Metastatic bone marrow tumors: Study of nine cases and review of the literature. *Journal of Blood Disorders & Transfusion*,2(3):1-3. <https://doi.org/10.4172/2155-9864.1000110>
  7. Lizee, D., Ouzzne, A., Villers, A. (2012). Cancer de la prostate : Diagnostic et bilan d'extension. *EMC Urologie*, 5(2), 1–8. [https://doi.org/10.1016/S1762-0953\(12\)58452-9](https://doi.org/10.1016/S1762-0953(12)58452-9)
  8. Minato, N., Takada, T., Koga, M., & Sugao, H. (2012). Prostate cancer with disseminated carcinomatosis of bone marrow initially presenting with disseminated intravascular coagulation syndrome : A case report. *Hinyokika Kiyo*, 58(5), 249–253. <http://hdl.handle.net/2433/157950>
  9. Nieder, C., Haukland, E., Pawinski, A., & Dalhaug, A. (2010). Anaemia and thrombocytopenia in patients with prostate cancer and borne metastases. *BMC Cancer*, 10(284), 2–6.
  10. Pedio, G., Rüttner, J. R., Odermatt, B., & Gut, D. (1974). Oncogenic viruses in the thrombocytopenic stage of experimental hipa-plasmacytoma. *Experientia*, 30(3), 289–291. <https://doi.org/10.1007/BF01934833>
  11. Rigaud, J., Le Normand, L., Karam, G., Glemain, P., Buzelin, J. M., & Bouchot, O. (2002). Facteurs pronostiques du cancer de la prostate traité par hormonothérapie de première intention. *Prog Urol*, 12(2), 232–239.
  12. Rozet, F., Hennequin, C., & Beauval, J.-B, Beuzeboc P. (2018). Cormier L, Fromont—H ankard P, Mongiat-Artus, Ploussard G. Recommandation française du Comité de Cancéologie de l'AFU –

- actualisation 2018-2020 : cancer de la prostate. *Prog Urol*, 28, R81–R132.
13. Ruffion, A. (2016). Collège français des urologues (3ème édition). Elsevier MASSON.
  14. Salomon, L., Bastide, C., Beuzeboc, P., Cormier, L., Fromont, G., Hennequin, C., Mongiat-Artus, P., Peyromaure, M., Ploussard, G., Renard-Penna, R., Rozet, F., Azria, D., Coloby, P., Molinié, V., Ravery, V., Rebillard, X., Richaud, P., Villers, A., Soulié, M., & Les membres du CCAFU. (2013). CCAFU Recommendations 2013 : Prostate cancer. *Prog Urol*, 23 Suppl. 2, S69–S101. [https://doi.org/10.1016/S1166-7087\(13\)70048-4](https://doi.org/10.1016/S1166-7087(13)70048-4)
  15. Spivack, M., Brenner, S. M., Markham, M. J., Snyder, E. L., & Berkowitz, D. (1979). Presumed immune thrombocytopenia and carcinoma: Report of three cases and review of the literature. *American Journal of the Medical Sciences*, 278(2), 153–156. <https://doi.org/10.1097/00000441-197909000-00007>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Production du Mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] sur des Sols Enrichis par la Boue Résiduaire, la Fumure Bovine et l'Engrais Chimique NPK**

***Ibrahim Soumaïla Siddo***

***Mahaman Moustapha Adamou***

Département Génie Rural/Eaux et Forêts/Faculté d'Agronomie,  
Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Département de Sociologie et d'Économie Rurales/Faculté d'Agronomie,  
Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

***Djibril Idrissa Guisso Maïga***

***Moussa Barage***

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

***Mahamadou Boubacar Kourido***

Département Génie Rural/Eaux et Forêts/Faculté d'Agronomie,  
Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Département de Sociologie et d'Économie Rurales/Faculté d'Agronomie,  
Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p55](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p55)

Submitted: 14 May 2023  
Accepted: 20 August 2023  
Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)  
Under Creative Commons CC-BY 4.0  
OPEN ACCESS

*Cite As:*

Soumaïla Siddo I., Adamou M.M., Idrissa Guisso Maïga D., Barage M. & Boubacar Kourido M. (2023). *Production du Mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] sur des Sols Enrichis par la Boue Résiduaire, la Fumure Bovine et l'Engrais Chimique NPK* European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 55. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p55>

### **Résumé**

La croissance rapide de la population, l'augmentation des besoins en aliment et la perte de la fertilité des sols agricoles amènent à réfléchir sur les moyens alternatifs de production durable. La boue résiduaire issue de l'usine de traitement d'eau potable de Goudel (Niamey), eu égard à sa richesse en élément fertilisant, a été testée sur la culture de mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.]. Le dispositif expérimental utilisé est un bloc complet randomisé composé de trois répétitions et huit traitements. Cinq traitements avec des doses croissantes de boues, un traitement de fumure bovine, un traitement

d'engrais chimique (NPK\_15-15-15) et un traitement témoin sans apport. Les paramètres mesurés sont la Hauteur des tiges, la longueur des épis, le diamètre des tiges et des épis, la biomasse, le nombre d'épis et le rendement en graines. Les résultats de cette étude comparative montrent que les rendements en grains obtenus avec la boue comme matière fertilisante sont supérieurs (66,87%) à ceux obtenus sur les sols non amendés. Ils montrent également que la dose de boue B3 a permis de concilier les meilleurs rendements en grain et en biomasse de mil, il est de ce fait considéré comme le meilleur traitement dans le cadre d'une valorisation de ces boues en culture pluviale.

---

**Mots-clés:** Mil, rendement, boue, fumure bovine, NPK, Niamey

---

## **The Production of the Millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] on the Lands Enriched with the Residual Mud, the Cow Manure and the Chemical Fertilizer NPK**

*Ibrahim Soumaïla Siddo*

*Mahaman Moustapha Adamou*

Département Génie Rural/Eaux et Forêts/Faculté d'Agronomie,  
Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Département de Sociologie et d'Économie Rurales/Faculté d'Agronomie,  
Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

*Djibril Idrissa Guisso Maïga*

*Moussa Barage*

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

*Mahamadou Boubacar Kourido*

Département Génie Rural/Eaux et Forêts/Faculté d'Agronomie,  
Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Département de Sociologie et d'Économie Rurales/Faculté d'Agronomie,  
Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

---

### **Abstract**

Rapid population growth, increasing food requirements, and the loss of fertility in agricultural soils are prompting reflection on alternative means of sustainable production. Waste sludge from the Goudel drinking water treatment plant (Niamey) was tested on millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.], given its richness in fertilizing elements. The experimental set-up used was a randomized complete block with three replicates and eight treatments. Five treatments with increasing doses of sludge, one treatment of bovine

manure, one treatment of chemical fertilizer (NPK\_15-15-15), and one control treatment with no input. The parameters measured were stem height, ear length, stem and ear diameter, biomass, number of ears, and seed yield. The results of this comparative study show that grain yields obtained with sludge as fertilizer are higher (66.87%) than those obtained on unamended soils. They also show that the B3 sludge dose was able to reconcile the best grain and millet biomass yields, and is therefore considered the best treatment for rainfed sludge utilization.

---

**Keywords:** Millet, yield, sludge, Cow manure, NPK, Niamey

## Introduction

Le mil [*Pennisetum glaucum*.(L.) R. Br.] occupe une place importante dans la production céréalière mondiale. Les pays en développement (surtout en Afrique et en Asie) produisent 94 % de la production mondiale du mil (FAO et ICRISAT, 1997). Au Niger, le mil est produit sur plus de 65% de la superficie emblavée (Tougiani et al., 2013 ; Kadri et al., 2019). Il est la céréale la plus cultivée (Soumana, 2001 ; Soler, 2008 ; Hamadou et al., 2017). La production nationale est estimée à 4 154,15 millions de tonnes en 2020 (FAO, 2021). Le mil représente 75% de la consommation totale de céréales (FAO, 2000) et contribue à la sécurité alimentaire des ménages avec une dizaine de repas de la transformation des grains (Saïdou, 2011). Cependant, la faible pluviométrie et la pauvreté des sols limitent le rendement du mil. Dans la zone soudano-sahélienne, les agriculteurs appliquent moins de 5 kg/ha/an d'engrais minéraux (Buerkert et al., 2001). Les producteurs ruraux appliquent simultanément les engrais minéraux et organiques afin de maintenir la productivité des sols et de répondre à la demande alimentaire croissante (Dutordoir, 2006). Les engrais chimiques importés sont chers et difficiles d'accès dans les zones rurales, d'où la nécessité de réfléchir sur des techniques alternatives d'amélioration de la fertilité des sols. L'usine de production d'eau potable de Goudel à Niamey produit une quantité énorme de boue, riche en éléments fertilisants (2535 ppm de phosphore total, 2,108 ppm de phosphore assimilable, 1,68% de carbone, 2,89% de matière organique oxydable et 0,21% d'azote), qui est directement rejetée dans le fleuve Niger. Cette étude porte sur l'évaluation des rendements du mil produit sur des sols amendés avec la boue résiduaire, fumier (fumure bovine) et l'engrais chimique (NPK 15-15-15).

### ➤ Matériel

Les essais ont été réalisés à la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni et au village de Kongou Tonkado dans l'arrondissement communal<sup>3</sup> de Niamey au Niger. L'expérimentation a été conduite durant les saisons pluvieuses 2020 et 2021. La variété utilisée est le HKP (Haini Kirey

Précoce) (Figure 1) qui a un cycle de 75 à 90 jours (MA, 2012). Les matériels techniques utilisés se composent d'un décimètre, d'un pied à coulisse et d'une balance électronique (précision 0,1g), pour mesurer respectivement la longueur, le diamètre et le poids. Les trois types de fertilisants apportés sont la boue, la fumure de vache et l'engrais chimique. Les deux derniers avaient déjà des effets positifs prouvés sur les cultures. L'utilisation de la boue, eu égard à sa composition (Tableau 1), en comparaison avec les autres fertilisants, permet de mesurer ses effets sur le rendement.

**Tableau 1.** Composition des fertilisants appliqués (Soumaïla, 2022)

Boue							Engrais chimique		
pH	CE	Pt	Pa	C	MO	N	N	P	K
5,7	0,222 ms/cm	2535 ppm	2,108 ppm	1,68%	2,89%	0,21%	15%	15%	15%



**Figure 1.** Semence et plants de la variété du mil HKP (SONICOSEM, 2023)

Tous les paramètres en trait avec la production de biomasse sont importants à prendre en compte dans l'évaluation de la production en ce sens qu'ils figurent au centre d'intérêt des producteurs. C'est ainsi qu'en plus de la production en grains, les paramètres dendrométriques (hauteur et diamètre) ainsi que le poids de la biomasse ont été mesurés.

### ➤ **Méthodes**

La méthodologie utilisée pour l'évaluation du comportement du mil en réponse aux différents types de fertilisants appliqués s'articule autour des points suivants : le dispositif expérimental utilisé, la conduite de la culture, les mesures effectuées et le traitement des données. Le dispositif utilisé est un bloc complet randomisé ou bloc de Fisher de trois (3) répétitions. Chaque répétition contient huit (8) traitements. Chacun des traitements compte dix (10) poquets, alignés sur lesquels les apports des fertilisants ont été effectués (Figure 2). Chaque traitement se trouve sur trois (3) lignes réparties entre les trois (3) répétitions. La technique d'apport est celle de micro-dose qui consiste à placer le fertilisant au pied de la plante (Tableau2). Etant donné que les plants sont écartés de 1 m sur 1 m, ce qui correspond à 10 000 poquets/hectare, la formule suivante a été utilisée pour déterminer la moyenne par poquet. L'utilisation de cette moyenne par extrapolation a permis d'avoir le rendement à l'hectare.

$$\text{Rdt} = \frac{(pR_1 + pR_2 + pR_3)}{ntp} \times 10\,000$$

Rdt : rendement,  $pR_1$  : poids des 10 poquets du traitement n dans  $R_1$ ,  $pR_2$  : poids des 10 poquets du traitement n dans  $R_2$ ,  $pR_3$  : poids des 10 poquets du traitement n dans  $R_3$ , ntp : nombre total de poquets du traitement n dans  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$ . 10000 : nombre de poquet à l'hectare.

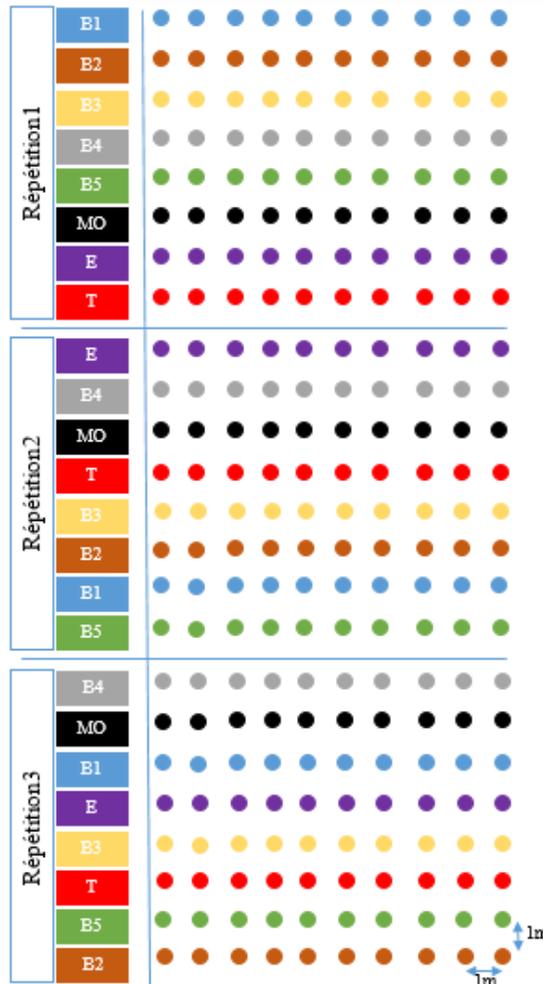


Figure 2. Schéma du dispositif expérimental (Soumaïla, 2022)

Tableau 2. Doses de fertilisants appliqués (Soumaïla, 2022)

Traitements	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	MO	E		T
							N	NPK	
Doses/Poquet (Kg)	1,64	2,46	3,28	4,1	4,92	1,75	0,001	0,006	0

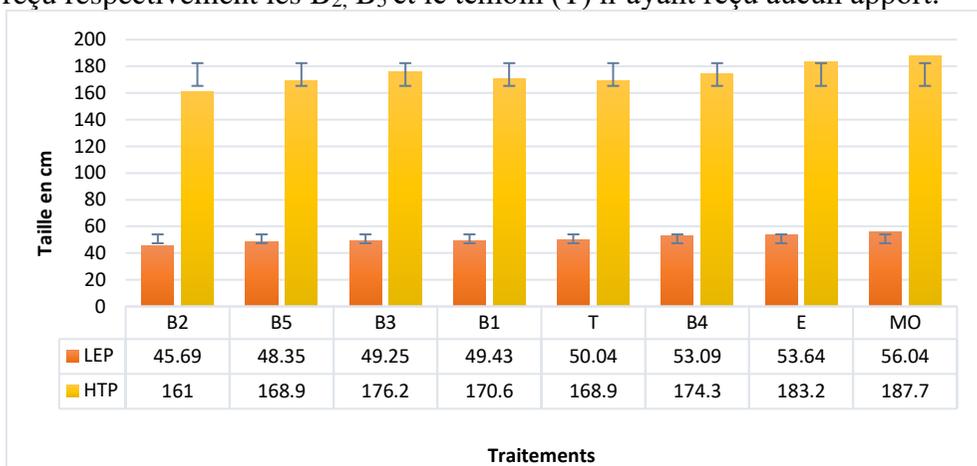
B<sub>1</sub> : 1<sup>ère</sup> dose de boue ; B<sub>2</sub> : 2<sup>ème</sup> dose de boue ; B<sub>3</sub> : 3<sup>ème</sup> dose de boue ; B<sub>4</sub> : 4<sup>ème</sup> dose de boue ; B<sub>5</sub> : 5<sup>ème</sup> dose de boue ; MO : Fumure organique ; E : Engrais chimique (N : Azote, NPK<sub>15-15-15</sub> : Azote + Phosphore + Potassium ; T : témoin.

La comparaison des moyennes par le test de Newman-Keuls au seuil de 5% est réalisée à l'aide du logiciel GenStat 9<sup>th</sup> version. Les représentations graphiques (tableaux et figures) sont réalisées à l'aide des logiciels Microsoft Excel et Word version 2016).

## Résultats

### Hauteur des tiges et longueur des épis

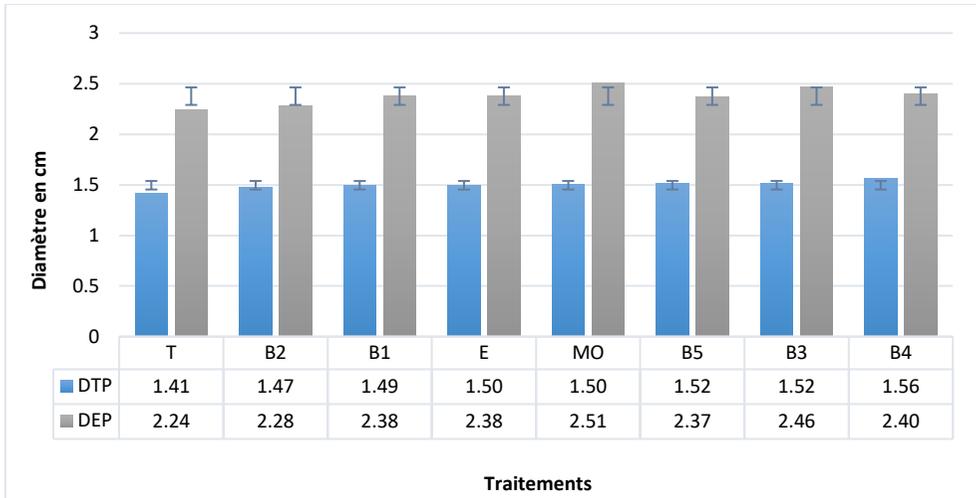
La figure 3 montre la variation des hauteurs et des longueurs des parties végétatives. Les dimensions des tiges et des épis ont varié en fonction des types et doses des fertilisants appliqués. L'analyse des données croisées issues des sites expérimentaux a permis de faire une classification des traitements. Ainsi, les traitements avec la Matière Organique (MO) et l'Engrais chimique (E) ont obtenu les meilleures Hauteurs de Tiges Principales (HTP) et Longueurs des Epis Principaux (LEP). Les plus faibles valeurs de ces deux paramètres ont été enregistrées avec les traitements ayant reçu respectivement les B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub> et le témoin (T) n'ayant reçu aucun apport.



**Figure 3.** Hauteur moyenne des tiges principales et longueur moyenne des épis (Soumaïla, 2022)

### Diamètres des tiges et des épis

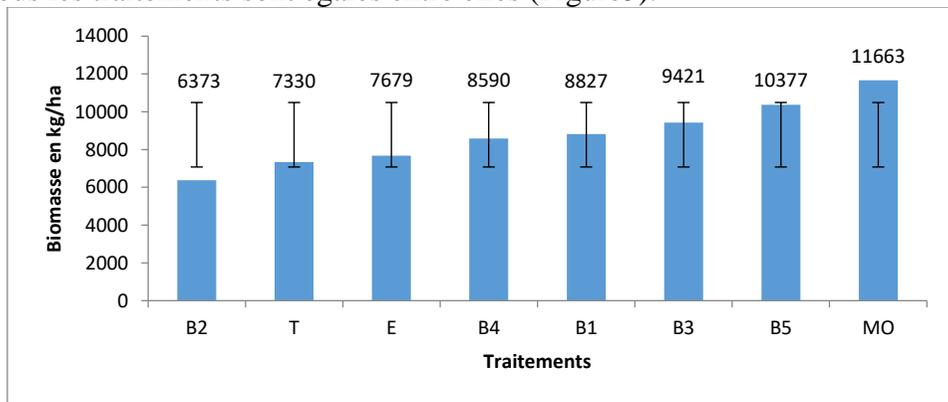
Le diamètre de la tige principale a été relevé au même moment que le diamètre de l'épi sur des plantes au stade de maturité à la récolte au niveau de l'ensemble des poquets de chaque traitement (Figure 4). Ainsi, les valeurs moyennes des diamètres des tiges principales ont varié de 1,41 cm pour le témoin à 1,56 cm pour le traitement B<sub>4</sub>. Avec ces faibles écarts de valeurs de diamètres de tiges, l'analyse statistique a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements ( $P < 0,469$ ). En ce qui concerne le Diamètre des Epis Principaux (DEP), il varie de 2,24 à 2,51 cm respectivement pour le traitement témoin (T) et le traitement avec la Matière Organique (MO). L'analyse de variance par le test de Newman-Keuls n'a pas mis en évidence une différence significative entre les traitements au seuil de 5% ( $P < 0,109$ ).



**Figure 4.** Diamètre des tiges et des épis (Soumaïla, 2022)

### Biomasse

Les poids secs des pailles et des épis, après récolte et séchage au soleil, ont servi à la détermination de la biomasse. Cette biomasse était totale parce que la plante entière a été dessouchée, séchée et pesée. L'évaluation a été faite par poquet, ensuite par traitement, puis extrapolée à l'hectare. L'analyse des données a montré que les variations des quantités n'étaient pas statistiquement significatives au seuil de 5% ( $P < 0,063$ ). Cela suppose que les biomasses de tous les traitements sont égales entre elles (Figure5).



**Figure 5.** Variation de la biomasse (Soumaïla, 2022)

### Nombre d'épis

Le nombre d'épis varie en moyenne de 5,13 à 6,99 épis/poquet respectivement pour les traitements B<sub>2</sub> et MO (Figure 6). Malgré l'écart élevé entre les traitements, l'analyse n'a pas mis en évidence une différence significative au seuil de 5% mais les traitements MO, B<sub>5</sub> et B<sub>3</sub> semblent plus favorables que les autres.

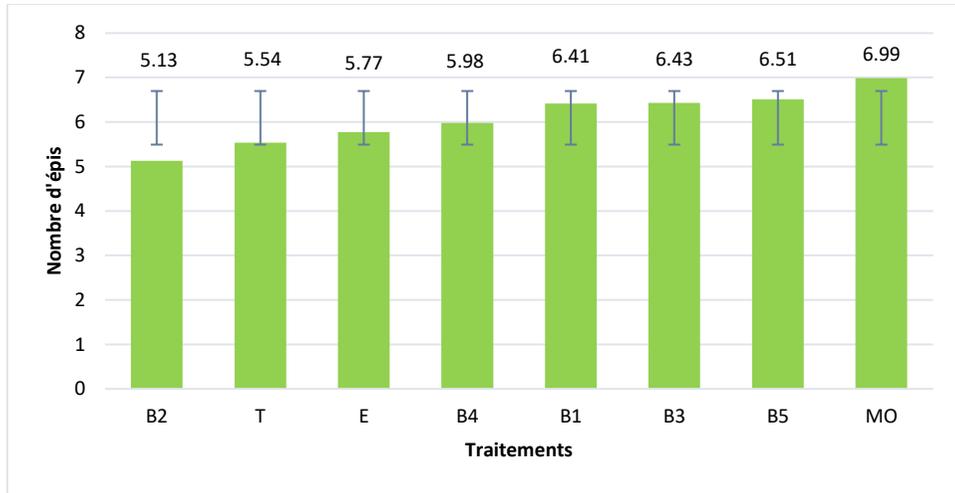


Figure 6. Nombre moyen d'épis (Soumaïla, 2022)

### Rendements en graines

Dans les zones où le mil est cultivé pour la consommation humaine, la production en graine est de loin l'aspect qui intéresse les producteurs. Dans le cadre de cette étude, les rendements en graines ont varié de 1184 à 2433 kg/ha respectivement pour B<sub>2</sub> et MO. La comparaison des moyennes par le test de Newman-keuls au seuil de 5% a mis en évidence une différence significative entre les traitements ( $P < 0,027$ ). Cela montre que tous les traitements sont égaux entre eux, excepté MO qui était supérieur à B<sub>2</sub> (Figure 7).

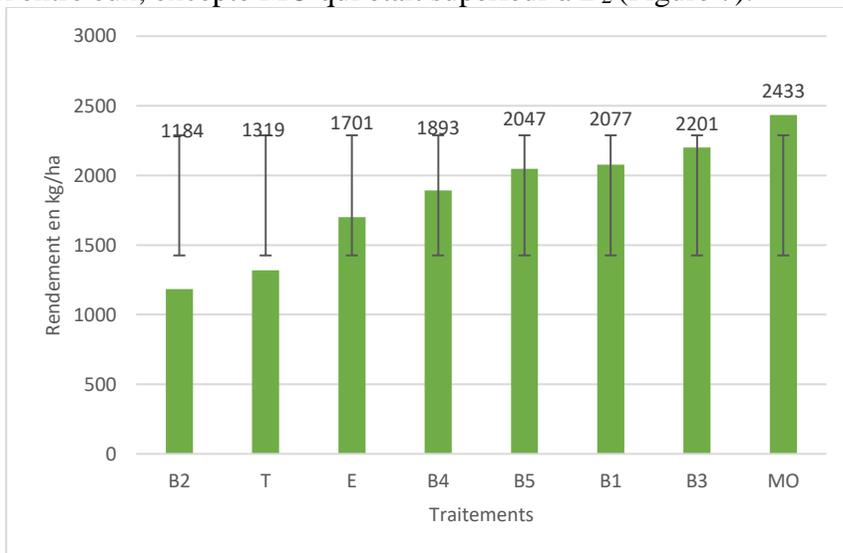


Figure 7. Rendements en graines (Soumaïla, 2022)

## Discussion

Le suivi des paramètres de croissance a montré une sensibilité des plantes aux différents types de fertilisants apportés (boue, engrais chimiques et fumure organique). L'observation, la mesure et l'analyse des données ont permis de déceler des différences significatives entre certains traitements (le traitement MO est meilleur que celui de B<sub>2</sub> en termes de rendement en graine). S'agissant de la hauteur des tiges principales (HTP), elle a significativement varié en fonction des traitements ( $P < 0,018$ ). Les plantes fertilisées avec la matière organique et l'engrais chimique étaient les plus longues. Ces plantes ont également fourni les plus longs épis, significativement meilleur que les autres traitements ( $P < 0,001$ ). Ce qui corrobore le résultat de Boutmedjet *et al.* (2015), qui avait obtenu une hauteur des plantes d'orge significativement variable entre les traitements et qui augmentait proportionnellement avec la dose de boue épandue. La variation de croissance peut être due au fait que les quantités d'éléments fertilisants prélevées par les cultures diffèrent. En ce sens, Jemali *et al.* (1998) avait constaté que les quantités d'azote de boue prélevées par le ray grass italien diffèrent d'un sol à l'autre et d'une dose à l'autre. S'agissant du diamètre, les valeurs ont subi une légère variation. L'analyse de variance a montré que les plus faibles DTP et DEP étaient obtenus par le témoin T secondé par B<sub>2</sub>. Et, les plus grands par B<sub>4</sub> pour DTP, et MO pour DEP, mais tous secondés par le traitement B<sub>3</sub>. Alors, c'était la dose de boue B<sub>3</sub> qui permet de concilier les meilleures des deux diamètres (DTP et DEP). La DTP ( $P < 0,469$ ) et la DEP ( $P < 0,109$ ) n'ont pas été significativement influencées par les traitements.

Quant au nombre d'épis, il n'a pas été sensible aux différents fertilisants appliqués. Bien qu'il ait significativement varié en fonction des sites au sein d'un même site les nombres d'épis étaient proches de sorte qu'aucune différence n'a été décelée. Mais, MO et B<sub>5</sub> semblaient être les meilleurs traitements favorisant la multiplication de nombre d'épis.

S'agissant de la biomasse, elle a aussi varié en fonction des traitements ou types de fertilisants apportés mais la différence n'était pas significative. Les plus grandes quantités ont été obtenues par MO (11663 kg/ha), B<sub>5</sub> (10377 kg/ha) et B<sub>3</sub> (9421 kg/ha) et les plus petites par B<sub>2</sub> (6373 kg/ha) et le témoin T (7330 kg/ha). En tenant compte du rendement en grain et de la biomasse, la MO a été le meilleur traitement suivi des quatre doses de boues (B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>1</sub> et B<sub>4</sub>), puis de E, B<sub>2</sub> et T. Ce qui est en désaccord avec Jemali *et al.* (1998) pour lesquels le traitement minéral dépasse largement ceux des différentes doses des boues. À l'instar du rendement en grains, l'augmentation de la biomasse ne suivait pas celle des doses de boues. Cela est également en désaccord avec Boutmedjet *et al.* (2015) qui avaient obtenu des quantités de biomasse qui augmentaient quand la dose de boue s'élève.

Le rendement en grain du mil est le paramètre qui intéresse le plus les producteurs. Les importants rendements moyens ont été obtenus sur les différents sites mais ces rendements varient en fonction des années. Cette variation interannuelle pourrait être liée à la pluviométrie. En effet, l'année 2020 a enregistré, à Niamey, un cumul pluviométrique de 657,9 mm dépassant l'année 2021 ayant enregistré 533,6 mm (relevés pluviométriques de l'Institut des Radios Isotopes situé au sein de l'Université Abdou Moumouni). Le Sahel étant une zone de culture à risque (Bezançon *et al.*, 2003), sa pluviométrie varie en fonction des années. Ces quantités ont également varié en fonction des types de fertilisants appliqués. La MO (2433 kg/ha) a obtenu le plus grand rendement suivi de B<sub>3</sub> (2201 kg/ha) et B<sub>1</sub> (2077 kg/ha). Et, le traitement le moins favorisé en termes de rendement en grain était B<sub>2</sub> (1184 kg/ha), suivi de T (1319 kg/ha). La quasi-totalité des traitements (B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>, B<sub>5</sub>, E et MO) a donné des rendements en grains supérieurs au témoin. Ce qui corrobore le résultat d'Aomar (1994) qui disait que l'épandage de boue sur la production de pommes de terre révèle un accroissement significatif des rendements. Par contre, ces résultats étaient en désaccord avec ceux de Jemali *et al.* (1998) et Boutmedjet *et al.* (2015) qui ont obtenu des rendements respectifs de ray grass italien et d'orge qui augmentaient de manière marquée de la dose de boue appliquée. Ces résultats montrent que malgré la meilleure adaptation du mil à la sécheresse et à la chaleur (Allouis *et al.*, 2001), son rendement est tributaire de la fertilité de sols. Il est cependant nécessaire de diversifier les méthodes de traitement des boues pour s'adapter à l'augmentation de leur volume (Olivier et Nicolas, 2002). La valorisation de ces boues doit apporter une valeur ajoutée avec des bénéfices sur le plan environnemental, social et économique.

## Conclusion

Au terme de cette étude comparative sur l'évaluation de la production du mil fertilisé par la boue, l'engrais chimique et la matière organique, on constate une variation entre les variables suivies. Par rapport aux paramètres de croissance, la HTP, la LEP, le DTP et DEP n'ont pas été significativement influencés par les types de fertilisants. Par contre, pour les paramètres de rendement, le rendement en grain du mil a varié en fonction des types de fertilisants appliqués. La matière organique (MO) a obtenu le plus grand rendement suivi de la dose de boue B<sub>3</sub>. Les plus grandes quantités de biomasses ont été obtenues par MO, B<sub>5</sub> et B<sub>3</sub> et les plus petites par B<sub>2</sub> et le témoin T. En tenant compte du rendement en grains et de la biomasse, la MO a été le meilleur traitement suivi des quatre doses de boues (B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>1</sub> et B<sub>4</sub>), puis de E, B<sub>2</sub> et T. L'apport de boue a eu donc un effet positif sur le rendement du mil comparativement au témoin.

## Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce aux appuis techniques et financiers de la Société d'Exploitation des Eaux du Niger (SEEN) et de la Société de Patrimoine des Eaux du Niger (SPEN), nous leur remercions pour l'intérêt accordé à la problématique de protection de l'environnement. Nous remercions également Dr Adamou MAHAMAN MOUSTAPHA pour le choix du sujet, Pr Moussa BARAGE pour son appui dans l'élaboration du dispositif expérimental et l'ensemble des co-auteurs pour leurs participations aux travaux.

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

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

## References:

1. Allouis, S., Lindup, X.Qi.S., Gale M.D. & Devos, K.M. (2001). Construction of a BAC library of pearl millet, *Pennisetum glaucum*. *Theoretical and Applied Genetics*, 102 : 1200-1205.
2. Aomar, B. (1994). Caractérisation et valorisation agricole des boues résiduelles de Draa Ben Khedda (Algérie). *Cahiers Agricultures*, 3 : 295-9.
3. Bezançon, G., Vigouroux, Y., Mariac, C., Benoît, L. Pham, J.L., Luxereau, A., Allinne, C., Guengant, J.P., Kapran, I et Mamadou, M.A., Sagnard, F., Deu, M., Chantereau, J. Ndjeunga, J., Bissala, H.Y., Gérard, B. & Amoukou, I.(2003).Evolution de la diversité du mil et du sorgho cultivés au Niger entre 1976 et 2003: Influence des facteurs naturels et anthropiques. Institut de recherche pour le développement(IRD). 1p.
4. Boutmedjet, A., Boukaya, N., Houyou, Z., Ouakid M.L & Bielder, S. (2015). Etude des effets de l'application de boues d'épuration urbaines sur un sol érode cultivé dans la région de Laghouat. *Revue des Régions Arides*, Numéro special-n°36, vol (1): 235-246.
5. Buerkert, A., Bationo, A. & Piepho, H.-P. (2001). Efficient phosphorus application strategies for increased crop production in sub-Saharan West Africa. *Field Crops Research* 72 (2001) 1-15.
6. Dutordoir, C.D. (2006). Impact de pratiques de gestion de la fertilité sur les rendements en mil dans le Fakara (Niger). Mémoire, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, 214p.
7. FAO et ICRISAT. (1997). L'économie Mondiale du Sorgho et du Mil : Faits, Tendances et Perspectives.

8. FAO. (2000). Production yearbook. Food and Agricultural Organization, Rome. Alimentation et agriculture. Production et santé animales par J.W. Czerkawski, J.D. Dargie, L. E. Edqvist, M.C.N. Jayasuriya. FAO.
9. FAO. (2021). Niger/Moyen d'existence agricoles et sécurité alimentaire dans le cadre de la covid-19:rapport de suivi, mai 2021. Rome, 66p.
10. Hamadou, M., Soumana, I., Chaïbou, M., Souleymane, O. & Kindomihou, V. (2017). Potentialités fourragères du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br) : Revue de littérature. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 34(2): 5424-5447.
11. Jemali, A., Soudi, B. & Berdai, H.(1998). Valorisation agricole des boues résiduaires: Valeur fertilisante et leur Impact sur les sols. In Proceeding of 13th International Congress on Agricultural Engineering, Vol I: *Land and Water Use*, Rabat, Maroc, 16p.
12. Kadri, A., Halilou, H. & Karimou, I.(2019). Culture du mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br] et ses contraintes à la production : une revue. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(1): 503-524.
13. MA. 2012. Catalogue National des Espèces et Variétés Végétales (CNEV). Ministère de l'Agriculture/République du Niger, 276p.
14. Olivier, B. & Nicolas, R. (2002). La valorisation des boues issues de stations d'épuration par des procédés thermochimiques : les procédés de gazéification, une alternative dans le traitement des boues. Réalité et perspectives. IUT de Marseille, l'eau, l'industrie, les nuisances. n° 247. 10p.
15. Saïdou, A. (2011). Etude moléculaire, évolution et caractérisation de gènes impliqués dans l'adaptation du mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] aux changements climatiques. Thèse de doctorat, Montpellier Sup Agro, Montpellier, 236p.
16. Soler, C.M.T., Maman, N., Zhang, X., Mason, S.C. & Hoogenboom, G. (2008). Determining optimum planting dates for pearl millet for two contrasting environments using a modeling approach. *Journal of Agricultural Science*, 146: 445-459.
17. SONICOSEM (2023). Société Nigérienne de Conditionnement et vente de Semences. <http://connectuemoa.com/shop/product/ne-son-mi-hk-sa-200-mil-hkp-sonicosem-sachet-de-200g-95>
18. Soumaïla, S.I. (2022). Caractérisation et étude alternative de valorisation des boues issues de l'usine de production d'eau potable de Goudel dans la ville de Niamey (Niger), Thèse de doctorat, Université Abdou Moumouni, Niamey, 219p.
19. Soumana, I. (2001). Bilan diagnostic sur la production du mil et du Sorgho au Niger. Initiative pour le développement des mils et sorghos

- en Afrique de l'Ouest et du Centre: Un pilotage par l'aval", [www.hubrural.org/IMG/pdf/mil-sorgho-niger.pdf](http://www.hubrural.org/IMG/pdf/mil-sorgho-niger.pdf).
20. Tougiani, A., Yayé, A., Abdoul-Habou, Z., Adamou, A.I. & Adam, T. (2013). Influence des Parcs agro-forestiers à *Piliostigma reticulatum* sur l'infestation des plants de mil par les insectes floricoles et *Coniesta ignefusalis* (Hmps) (Lépidoptère: Pyralidae) dans la zone d'Aguié au Niger. *Journal of Applied Biosciences*, 66: 5140–5146.



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Diversité Floristique, Croissance et Qualité du Bois de *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) et *Gmelina arborea* Roxb (Verbenaceae) dans Différents Systèmes de Reboisement dans la Forêt Classée de la Besso (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)**

***Noufou Doudjo Ouattara***

Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale,  
Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,  
Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire  
Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire

***Eric Gnahore***

***Mathieu Dogba***

***Dokalnan Coulibaly***

Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale,  
Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,  
Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire

***Adama Bakayoko***

Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale,  
Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,  
Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire  
Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p69](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p69)

Submitted: 24 July 2023

Accepted: 17 August 2023

Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Ouattara N.D., Gnahore E., Dogba M., Coulibaly D. & Bakayoko A. (2023). *Diversité Floristique, Croissance et Qualité du Bois de Cedrela odorata L. (Meliaceae) et Gmelina arborea Roxb (Verbenaceae) dans Différents Systèmes de Reboisement dans la Forêt Classée de la Besso (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 69.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p69>

### **Résumé**

La couverture forestière de la Côte d'Ivoire estimée à environ 16 millions d'hectares dans les années 1900 a connu une importante régression et elle est passée de nos jours à moins de 3 millions d'hectares. Cette réduction résulte de l'effet conjugué de l'urbanisation galopante, de l'agriculture et de l'exploitation des massifs forestiers en bois d'œuvre. Cette diminution a

conduit à la perte des essences forestières commercialisables. La présente étude, réalisée dans la forêt classée de la Besso s'inscrit dans une vision d'amélioration de la productivité des plantations forestières pour un meilleur approvisionnement des industries du bois. Elle vise à identifier le modèle de reboisement offrant une diversité floristique élevée avec une meilleure croissance et qualité du bois. Les espèces utilisées sont *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) et *Gmelina arborea* Roxb (Verbenaceae). Les travaux ont été effectués sur deux types de reboisement (plantation pure et agroforêt à base de caféier ou de cacaoyer). Plusieurs paramètres (quantitatifs et qualitatifs) ont été évalués suivant les types de reboisement. Il en ressort que l'agroforêt de type *Cedrela odorata* en association avec le caféier est le système le plus hétérogène avec un indice de Shannon de 3,47 et une valeur d'équitabilité de Piélou de 0,93. Cependant, *Gmelina arborea* en agroforêt avec le cacaoyer présente une bonne croissance annuelle (0,04 m). L'agroforêt de type *Gmelina arborea* associée au cacaoyer a fourni les meilleures valeurs de cylindricité et de rectitude. Les résultats de cette étude devraient aider à la réhabilitation des écosystèmes forestiers dégradés.

---

**Mots-clés:** Reforestation, agroforêt, croissance, forêt classée de la Besso, Côte d'Ivoire

---

## **Floristic Diversity, Growth, and Wood Quality of *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) and *Gmelina arborea* Roxb (Verbenaceae) in Different Reforestation Systems of the Besso Classified Forest (South-East of Côte d'Ivoire)**

*Noufou Doudjo Ouattara*

Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale,  
Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,  
Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire  
Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire

*Eric Gnahore*

*Mathieu Dogba*

*Dokalnan Coulibaly*

Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale,  
Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,  
Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire

*Adama Bakayoko*

Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale,  
Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,  
Université NANGUI ABROGOUA, Abidjan, Côte d'Ivoire  
Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

The forest cover of Côte d'Ivoire estimated at around 16 million hectares in the 1900s has undergone a significant reduction and it is estimated today at under three million hectares. This reduction is the combined effect of a high rate of urbanization, agriculture, and logging industry. This reduction has led to a depletion of the forests in marketable species. This study on the Besso classified forest is part of a vision to improve the productivity of forest plantations for a better supply of wood industries. It aims to identify a reforestation model with a high floristic diversity with better growth and wood quality. The species used are *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) and *Gmelina arborea* Roxb (Verbenaceae). Two types of reforestation in the Besso classified forest were carried out namely, pure reforestation plantation and agroforest (coffee and cocoa based). Several parameters (quantitative and qualitative) were evaluated according to the types of reforestation. The results show that the reforestation of *Cedrela odorata*-coffee agroforest is the most system environment with a Shannon index of 3.47 and a Pielou equitability value of 0.93. However, the *Gmelina arborea*-cocoa agroforest has the best annual growth rate (0.04 m). The qualitative parameters (cylindricity and

straightness) are better in the Gmelina arborea-cocoa agroforest. All these results should help in the rehabilitation of degraded ecosystems and forests.

---

**Keywords:** Reforestation, agroforest, growth, Besso forest reserve, Côte d'Ivoire

## Introduction

Les forêts demeurent un bien commun universel et une source de nombreux biens et services pour l'humanité. Elles constituent un socle de la conservation de la biodiversité et conditionnent la présence des espèces animales et végétales. Elles produisent également des biens dont certains ont une valeur marchande comme le bois, les produits pharmaceutiques, etc. Les forêts abritent une grande diversité biologique et constituent un réservoir génétique inestimable (Slik et al., 2015). Malgré les nombreux avantages des forêts, force est de constater la régression de celles-ci en qualité et quantité (Leroy et al., 2013). En effet, de nos jours, les forêts sont très menacées du fait des activités anthropiques qui ont d'énormes répercussions sur la biodiversité et les services écosystémiques (Damette & Delacote, 2011 ; Silué, 2018). De 2000 à 2010, le rythme de déforestation annuelle des zones tropicales avait été estimé à 5,4 millions d'hectares (FAO, 2011). L'organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a estimé la perte mondiale nette du couvert végétal à 7,8; 5,2 ; et 4,7 millions respectivement entre 1990 - 2000, 2000 - 2010 et 2010 – 2020 (FAO, 2021).

En Afrique, la dynamique de l'occupation du sol se manifeste par un recul substantiel des superficies forestières compromettant la capacité des forêts à fournir durablement les biens et services écosystémiques (MacDicken et al., 2016). Ces divers changements qui ne cessent de prendre de l'ampleur deviennent les principaux soucis des pouvoirs publics qui mettent en œuvre des programmes pour limiter les dégâts.

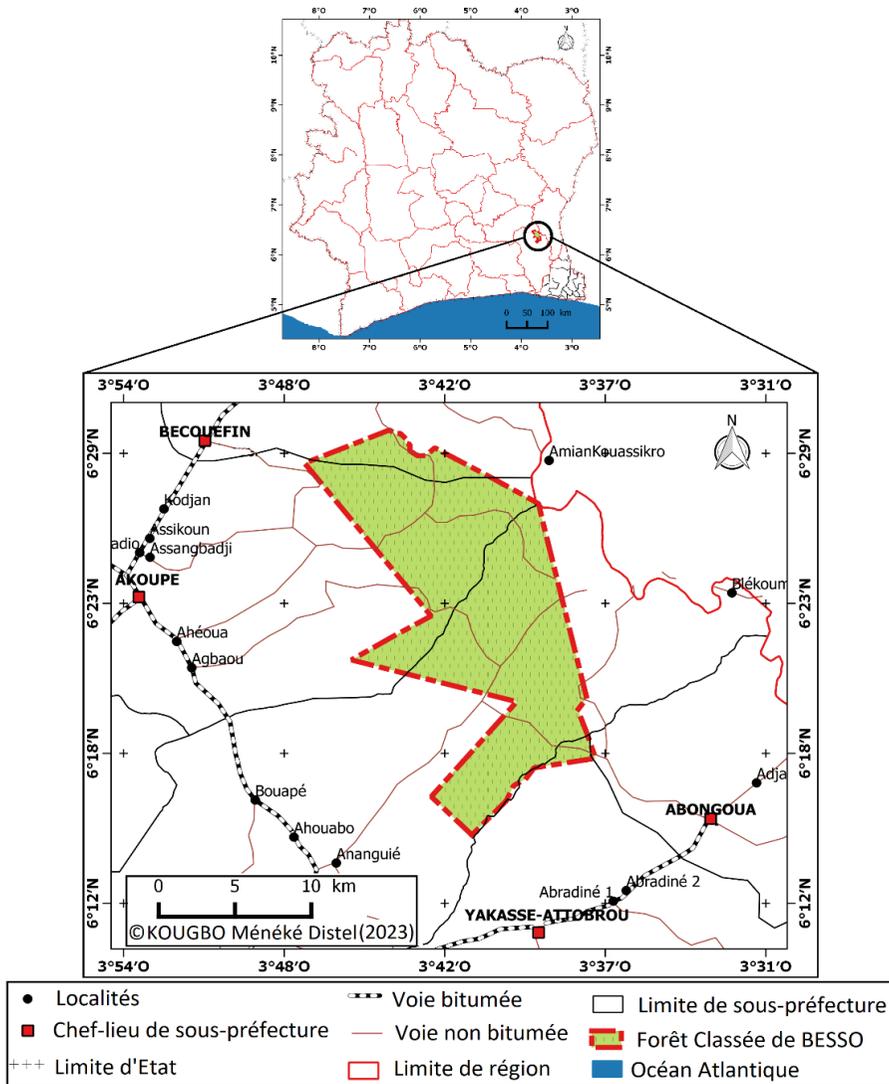
La Côte d'Ivoire est l'un des pays tropicaux où le processus de déforestation est assez prononcé. En effet, la couverture forestière du pays qui, dans les années 1900, était de 16 millions d'hectares est passée à environ 2,97 millions hectares de forêts en 2021 (IFFN, 2021). De vastes étendues de forêts ont été converties en cultures de rentes telles que le café, le cacao, le palmier à huile, l'hévéa, l'ananas, etc. (Aké-Assi & Dian, 1990). Ces activités ont ainsi participé à la destruction et/ou fragmentation des habitats et par ricochet, à l'érosion de la biodiversité. En réponse, l'État ivoirien a engagé diverses initiatives à court et moyen termes, visant à inverser la tendance à travers des stratégies de conservation. Ainsi, plusieurs initiatives y compris la création des parcs nationaux, des réserves naturelles et des forêts classées ont été prises. Des arrêtés ont également été adoptés pour réglementer le secteur de la foresterie (Chatelain et al., 2004). Malgré ces décisions, la reconstitution du

couvert forestier et des ressources en bois constitue un défi majeur pour la Côte d'Ivoire. De même d'autres initiatives ont été prises telle que la gestion des forêts classées à des partenaires privés. C'est le cas de la forêt classée de la Besso dont la gestion a été confiée à la société Industrie et Promotion du Bois (INPROBOIS), en partenariat avec la Société de développement des Forêts (SODEFOR). La société INPROBOIS s'est engagée dans un vaste programme de reboisement des espaces dégradés de ladite forêt classée par la réalisation des plantations forestières. Ces plantations représentent des sources d'approvisionnement en ressources ligneuses des industries de bois et une substitution de bois de forêts naturelles. Outre les espèces locales pionnières dans les plantations forestières (Acajou, Niangon, Makoré...), certaines espèces exotiques telles que le Gméline (*Gmelina arborea* Roxb, Verbenaceae) et l'Acajou rouge (*Cedrela odorata* L., Meliaceae) sont aussi utilisées dans la sylviculture (N'Guessan et al., 2016). Ces espèces ont une importante valeur socio-économique (Khan et al., 2020). La présente étude vise à identifier un modèle de reboisement optimal pour permettre d'une part une gestion durable des espaces dégradés et d'autre part assurer l'approvisionnement de l'usine de la société INPROBOIS. De façon spécifique, il s'agit de : (i) déterminer la diversité végétale en fonction du reboisement avec *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* dans la forêt classée de la Besso et ; (ii) évaluer la croissance et la qualité des bois de *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* selon le type de reboisement.

## **Matériel et méthodes**

### ***Site d'étude***

La forêt classée de la Besso doit son nom à la rivière Besso, affluent du fleuve Comoé, qui la traverse de l'Est à l'Ouest (SODEFOR, 2014). Elle est située au Sud-Est de la Côte d'Ivoire entre 3°35' et 3°50' de longitude Ouest et 6°10' et 6°30' de latitude Nord. Elle fait partie de la région administrative de la Mé et est à cheval, au sud, sur les départements d'Adzopé et de Yakassé-Attobrou, au nord sur celui d'Akoupé (figure 1). Elle couvre une superficie de 21565 hectares. C'est une forêt dense humide semi-décidue caractérisée par l'association de *Celtis spp.* et *Triplochiton scleroxylon* K.Schum. (Guillaumet & Adjanohoun, 1971).



**Figure 1.** Localisation géographique de la forêt classée de la Besso

### *Type de reboisement étudié*

Le reboisement est une opération qui consiste à créer des zones boisées ou des forêts qui ont été détruites par différentes causes dans le passé (surexploitation, incendie de forêt, surpâturage, guerre...). On en distingue différents types qui sont le reboisement de reconversion, le reboisement pur, le reboisement d'enrichissement et le reboisement de type agroforestier (Deleporte, 1996). Dans le cadre de l'aménagement de la forêt classée de la Besso, deux types de reboisement que sont le reboisement pur et l'agroforesterie sont pratiqués. Le reboisement pur consiste à planter des essences sur un terrain entièrement défriché préalablement (abattage des

cacaoyers et caféiers). Le système d'agroforêt consiste à l'introduction des plants forestiers dans les plantations de cultures de spéculation en production, avec la coopération des planteurs. Il s'est agi principalement des agroforêts de type *Cedraled odorata* en association avec le caféier d'une part et d'autre part avec le cacaoyer. De même, les agroforêts de type *Gmelina arborea* en association avec le caféier et le cacaoyer ont été réalisés. L'ensemble de ces reboisements ont été réalisés entre 2013 et 2019 avec un même écartement de 3 m × 3 m.

### ***Inventaire floristique***

Les données floristiques ont été collectées suivant des inventaires de surface réalisés dans la forêt classée de la Besso. Cette méthode a consisté à installer des placettes de 100 m<sup>2</sup> (10 m x 10 m) dans les différents types de plantations. Toutes les espèces (espèces naturelles et introduites) ont été dénombrées et les paramètres quantitatifs (hauteur et diamètre à hauteur de poitrine) ont été mesurés à l'intérieur de chaque placette. Au total, 30 placettes à raison de cinq par type de reboisement ont été installées. L'identification des plantes a été faite sur le terrain et à l'herbier du Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS) où les échantillons d'herbiers collectés ont été déposés. L'ouvrage de Hutchinson & Dalziel (1954) et de l'Herbier en ligne du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris (<https://www.mnhn.fr/fr/collections/ensemblescollections/botanique/plantes-vasculaires>) ont été utilisés pour faciliter et confirmer certaines identifications. Les noms scientifiques et les noms des auteurs ont été actualisés à l'aide de la base de données APD (*African Plants Database* version 3.4.0). La nomenclature adoptée pour les familles et les genres est celle de la classification phylogénétique (APG IV, 2016).

### ***Évaluation de la qualité du bois***

La qualité du bois a été évaluée à l'aide de deux paramètres : la cylindricité et la rectitude. Pour ce faire une cotation des individus a été établie selon la présence/absence et le nombre de cannelures ou de courbes. L'évaluation a été réalisée in visu lors de la collecte des données dendrométriques (Coulibaly et al., 2022). L'échelle de cotation est présentée dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Cotation des paramètres qualitatifs du bois

Paramètres qualitatifs	Cotations		
	1	2	3
Cylindricité	Absence de cannelures	1 à 2 cannelures	3 cannelures ou plus
Rectitude	Absence de courbure	1 à 2 courbures	3 courbures ou plus

Source : SODEFOR, 2014

## **Analyse et traitement des données**

### ***Paramètres floristiques***

Les paramètres floristiques évalués dans cette étude sont liés à la diversité qualitative (richesse et la composition floristique), et à la diversité quantitative (indice de diversité de Shannon - Weaver ( $H'$ ), Équitabilité de Piélou).

### ***Richesse et composition floristique***

La richesse floristique se définit comme le nombre total d'espèces présentes sur une surface donnée, quelle que soit la taille de l'échantillon (Schnell, 1970). Quant à la composition floristique, elle est définie comme l'ensemble de toutes les espèces végétales rencontrées dans la zone d'étude sans tenir compte de leur abondance (Kouamé, 1998).

### ***Indice de diversité de Shannon - Weaver ( $H'$ )***

C'est l'un des indices le plus couramment utilisé pour mesurer la diversité floristique (Malan, 2007 ; Scoupe, 2011). Il permet de mesurer la composition spécifique d'un peuplement à partir du nombre d'espèces et de leur abondance (Legendre & Legendre, 1998). Selon ces auteurs, la diversité est faible lorsque  $H'$  est inférieur à 3, moyenne si  $H'$  est compris entre 3 et 4 puis élevé quand  $H'$  est supérieur ou égal à 4. Sa formule est la suivante :

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

Avec  $P_i = n_i / N$

Où  $H'$  est l'indice de diversité de Shannon - Weaver,  $P_i$  est la fréquence de l'espèce  $i$  dans le peuplement,  $N$  étant l'effectif total,  $S$ , le nombre moyen d'espèces. Cet indice varie de 0 (une seule espèce présente) à  $\log_2 S$  (toutes les espèces présentes ont une même abondance).

### ***Équitabilité de Piélou***

Le calcul de l'indice de Shannon-Weaver s'accompagne de celui de l'équitabilité de Piélou (1966) ou Régularité (E). Elle traduit la manière dont les individus sont distribués à travers les espèces (Adjakpa et al., 2013). Elle est maximale si les individus sont répartis de la même manière à travers les espèces. Elle varie de 0 (une espèce a une très forte abondance) à 1 (toutes les espèces sont la même importance). L'indice d'équitabilité se calcule à travers la formule suivante :

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

Où  $E$  est l'équitabilité ;  $H'$ , l'indice de Shannon et Weaver et  $S$ , le nombre moyen d'espèces.

Selon la classification de Felfili et al. (2004), on a une très faible équitabilité lorsque la valeur de  $E$  est inférieure à 0,6. Quand la valeur de  $E$  est comprise entre 0,6 et 0,7 ; cela correspond à une équitabilité moyenne et lorsque la valeur de  $E$  est supérieure ou égale à 0,8 ; on a une équitabilité élevée.

Pour la présente étude, le calcul des différents indices de diversité a été effectué à l'aide du logiciel PAST 2.16.

### Paramètres structuraux des végétaux

L'analyse de la croissance du bois a porté sur les paramètres structuraux que sont le diamètre moyen, la hauteur moyenne, le facteur d'élancement et la surface terrière. Au cours de la présente étude, le diamètre moyen et la hauteur moyenne d'une espèce ont été déterminés par la moyenne arithmétique de chaque paramètre.

Le Facteur d'élancement ( $f$ ) est un indice qui traduit la stabilité d'arbre dans un peuplement. Lorsque ce facteur est élevé, le plant est plus fragile, notamment vis-à-vis des coups de vent. Il se détermine selon la formule suivante :

$$F = H / D$$

Où  $H$  = hauteur de l'arbre exprimée en mètre et  $D$  = densité (rapport du nombre total d'individus inventoriés par la surface totale échantillonnée dans le milieu).

La Surface terrière renseigne sur la dominance relative de chaque espèce dans le peuplement d'un biotope donné. Elle permet d'évaluer la surface occupée par les sections des fûts à 1,30 m du sol. Elle est déterminée à travers la formule mathématique suivante :

$$St = C^2 / 4\pi$$

$St$  la surface terrière et  $C$  la circonférence exprimée en mètre. Elle s'exprime en  $m^2/ha$ . La surface terrière d'un arbre est d'autant plus élevée que l'arbre est gros. Celle d'un peuplement est d'autant plus élevée que celui-ci est dense.

## Résultats

### Analyse floristique des communautés végétales

#### *Richesse spécifique et diversité quantitative*

Au total, 57 espèces végétales ont été recensées dans l'ensemble des parcelles échantillonnées (tableau 2). Ces espèces appartiennent à 51 genres répartis en 22 familles, dont les plus représentées sont les Fabaceae (13 espèces), les Malvaceae (10 espèces), les Meliaceae (6 espèces) et les Moraceae (4 espèces). Pour *Cedrela odorata*, il ressort que la richesse floristique la plus importante est obtenue lorsque cette espèce est en agroforêt avec le cacaoyer (25 espèces). Son association avec le caféier et favorise une richesse quasiment similaire à celle d'une plantation pure, avec 18 et 19 espèces, respectivement. En ce qui concerne *Gmelina arborea*, la plus forte richesse est observée dans son association avec le cacaoyer, également (34 espèces). Cependant, l'association de cette espèce avec le caféier donne une richesse relativement faible (9 espèces) tandis que la richesse de ses plantations pures donne une richesse de 20 espèces (figure 2). Il apparaît que les agroforêts à base de cacaoyers sont les plus indiqués pour obtenir le plus grand nombre d'espèces dans les plantations. Les valeurs des indices biocénotiques (diversité de Shannon - Weaver et équitabilité de Piélou) sont élevées pour l'ensemble des milieux échantillonnés (tableau 3). Toutefois, ces deux indices varient d'une communauté végétale à une autre. Les milieux à *Gmelina arborea* pur avec les plus faibles indices biocénotiques, sont les communautés végétales les moins diversifiées.

**Tableau 2.** Liste des espèces inventoriées par type de reboisement

**R1 :** *Cedrela odorata* ; **R2 :** *Gmelina arborea* ; **R3 :** *Cedrela odorata* associée au caféier ; **R4 :** *Cedrela odorata* en association avec le cacaoyer ; **R5 :** *Gmelina arborea* associé au caféier ; **R6 :** *Gmelina arborea* en association avec le cacaoyer ; × : présence de l'espèce.

N°	Espèces	Familles	Types de reboisement					
			R1	R2	R3	R4	R5	R6
1	<i>Azalia bella</i> Harms	Fabaceae					×	×
2	<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W.Wight	Fabaceae			×	×		×
3	<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	Fabaceae			×		×	
4	<i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F.Macbr.	Fabaceae	×	×	×			
5	<i>Alstonia boonei</i> De Wild.	Apocynaceae	×		×			×
6	<i>Amphimas pterocarpoides</i> Harms	Fabaceae	×					×
7	<i>Anthothona fragrans</i> (Baker f.) Exell & Hillc.	Fabaceae			×	×		×
8	<i>Antiaris toxicaria</i> Loes. var. <i>africana</i> Scott-Elliot ex A.Chev.	Malvaceae			×			
9	<i>Antrocaryon micraster</i> A.Chev. & Guillaumin	Anarcadiaceae		×	×	×		×
10	<i>Berlinia confusa</i> Hoyle	Fabaceae	×			×		×
11	<i>Bombax buonopozense</i> P.Beauv.	Malvaceae	×	×	×			
12	<i>Brachystegia leonensis</i> Hutch. & Burt Davy	Fabaceae	×		×	×		
13	<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl.	Burseraceae				×		
14	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	×		×	×		
15	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaerth.	Malvaceae	×	×	×			×
16	<i>Celtis mildbraedii</i> Engl.	Canabaceae			×	×	×	
17	<i>Chidlowia sanguinea</i> Hoyle	Fabaceae			×	×		
18	<i>Chrysophyllum africanum</i> A.DC.	Sapotaceae				×		
19	<i>Cola nitida</i> (Vent.) Schott & Endl.	Malvaceae					×	
20	<i>Cordia platythyrsa</i> Baker	Boraginaceae			×			×
21	<i>Dacryodes klaineana</i> (Pierre) H.J.Lam	Burseraceae			×			
22	<i>Dialium dinklagei</i> Harms	Fabaceae				×		

23	<i>Diospyros sanza-minika</i> A.Chev.	Ebenaceae	×	×		×		
24	<i>Discoglypemma caloneura</i> (Pax) Prain	Euphorbiaceae	×					×
25	<i>Distemonanthus benthamianus</i> Baill.	Fabaceae		×	×	×	×	×
26	<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C.DC.	Meliaceae	×			×		×
27	<i>Entandrophragma candollei</i> Harms	Meliaceae	×			×		×
28	<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sprague) Sprague	Meliaceae	×					×
29	<i>Eribroma oblongum</i> (Mast.) Pierre ex A.Chev.	Malvaceae						×
30	<i>Ficus exasperata</i> Vahl	Moraceae			×			×
31	<i>Ficus mucoso</i> Welw. ex Ficalho	Moraceae						×
32	<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	Apocynaceae						×
33	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	Verbenaceae		×			×	×
34	<i>Guarea cedrata</i> (A.Chev.) Pellegr.	Meliaceae				×		
35	<i>Guibourtia ehie</i> (A.Chev.) J.Léonard	Fabaceae						×
36	<i>Lannea welwitschii</i> (Hiern) Engl.	Anarcadiaceae						×
37	<i>Mansonia altissima</i> (A.Chev.) A.Chev.	Malvaceae			×			×
38	<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C.Berg	Moraceae					×	
39	<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A.Chev.) Capuron ex N.Hallé	Malvaceae				×	×	×
40	<i>Parinari excelsa</i> Sabine	Chrysobalanaceae		×				
41	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae				×		×
42	<i>Piptadeniastrum africanum</i> (Hook.f.) Brenan	Fabaceae	×	×		×		×
43	<i>Pouteria altissima</i> (A.Chev.) Baehni	Sapotaceae	×			×		
44	<i>Pterygota macrocarpa</i> K.Schum.	Malvaceae		×				×
45	<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.	Myristicaceae		×		×		×
46	<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Pierre ex Heckel	Euphorbiaceae		×		×		×
47	<i>Scottellia klaineana</i> Pierre	Flacourtiaceae				×		
48	<i>Sterculia rhinopetala</i> K.Schum.	Malvaceae	×	×				
49	<i>Strombosia pustulata</i> (Oliv.)	Olacaceae	×	×		×		

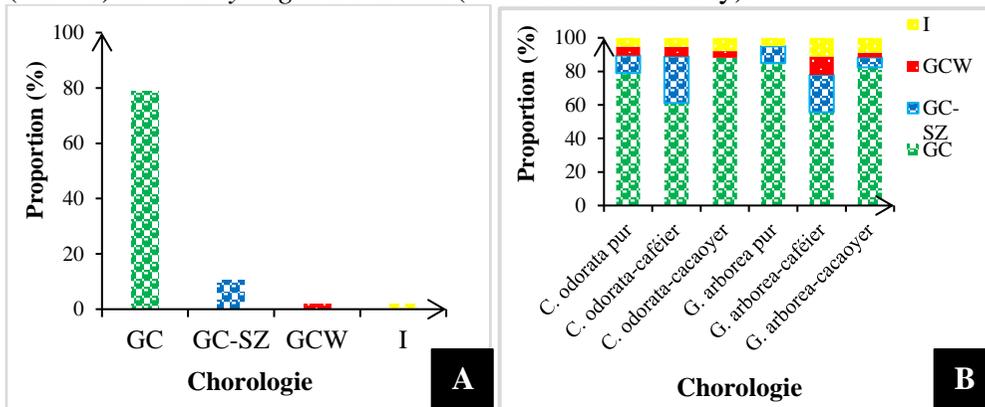
50	<i>Tectona grandis</i> L.f.	Verbenaceae						×
51	<i>Terminalia ivorensis</i> A.Chev.	Combretaceae	×	×				
52	<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Combretaceae		×				×
53	<i>Trichilia monadelpha</i> (Thonn.) J.J. de Wilde	Meliaceae		×				
54	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K.Schum.	Malvaceae		×		×		×
55	<i>Uapaca guineensis</i> Müll.Arg.	Phyllanthaceae						×
56	<i>Vitex ferruginea</i> Schumach. & Thonn.	Lamiaceae		×				×
57	<i>Zanthoxylum gillettii</i> (De Wild.) P.G.Waterman	Rutaceae	×	×			×	×

**Tableau 3.** Indices biocénétiques des milieux selon le type de reboisement

Type de reboisement	Indice de diversité	
	Shannon - Weaver (H')	Équitabilité (E)
<i>Cedrela odorata</i> pur	2,38	0,85
<i>Cedrela odorata</i> - caféier	3,47	0,93
<i>Cedrela odorata</i> - cacaoyer	3,09	0,92
<i>Gmelina arborea</i> pur	1,52	0,63
<i>Gmelina arborea</i> - cacaoyer	3,12	0,95
<i>Gmelina arborea</i> - caféier	3,33	0,94

### Chorologie des espèces

La répartition phytogéographique montre que, globalement, plus de la moitié des espèces (78,94 %) est constituée d'espèces de la région Guinéo - Congolaise (GC) comme l'illustre la figure 2A. La figure 2B indique les proportions selon les types de reboisement. On note également, la présence de deux espèces confinées en Afrique de l'Ouest (GCW). Ce sont *Azelia bella* (Harms) et *Brachystegia leonensis* (Hutch. & Burt Davy).



**Figure 2.** Répartition phytogéographique des espèces des milieux échantonnés  
 GC = espèces largement distribuées dans la région Guinéo-Congolaise ; GC-SZ = espèces communes à la région Guinéo-Congolaise et à la région Soudano-Zambézienne (savanes, forêts claires ou steppes) ; GCW = espèces Guinéo-Congolaises endémiques du bloc forestier ouest africain et I = espèces introduites.

### Croissance de *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* dans les différents types de reboisement

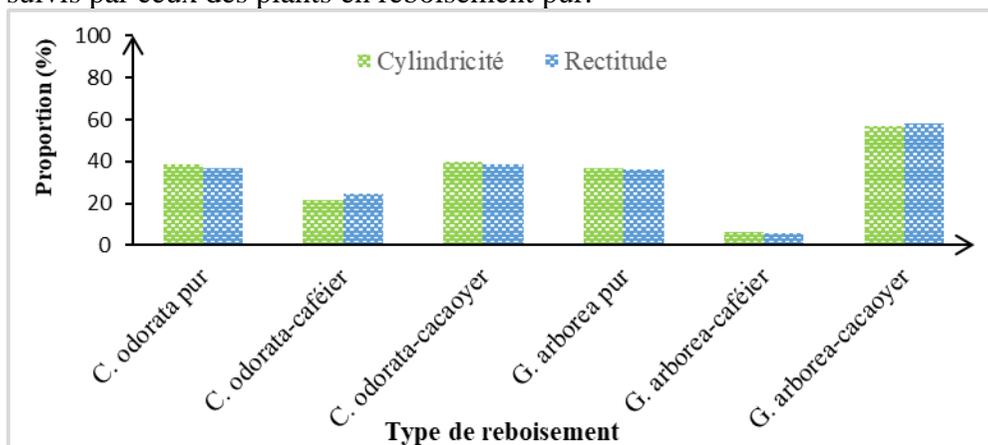
Les résultats des indicateurs de croissance de *Cedrela odorata* montrent une évolution constante du diamètre moyen annuel de  $0,03 \pm 0,003$  m dans tous les différents types de reboisement (Tableau 4). Il en est de même pour *Gmelina arborea* dans les reboisements à *Gmelina arborea* pur et en association avec le caféier. Cependant, une évolution plus importante du diamètre moyen annuel de  $0,04 \pm 0,003$  m dans les agroforêts à cacaoyer a été observée. Les hauteurs moyennes et surfaces terrières les plus élevées ont été obtenues dans les plantations pures des deux espèces. Par contre, elles ont un meilleur facteur d'élancement lorsqu'elles ont été cultivées en association soit avec les cacaoyers pour *Cedrela odorata* ou avec les caféiers pour *Gmelina arborea* (tableau 4).

**Tableau 4.** Paramètres de croissance de *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* dans les différents types de reboisement

Type de reboisement	Diamètre moyen (m/an)	Hauteur moyenne (m)	Surface terrière (m <sup>2</sup> /ha)	Facteur d'élanement
<i>Cedrela odorata</i> pur	0,03 ± 0,003	9,45 ± 0,02	10,27 ± 0,02	56,49 ± 0,07
<i>Cedrela odorata</i> - cacaoyer	0,03 ± 0,003	8,76 ± 0,01	7,15 ± 0,02	82,90 ± 0,18
<i>Cedrela odorata</i> - caféier	0,03 ± 0,003	7,39 ± 0,01	4,75 ± 0,02	67,19 ± 0,13
<i>Gmelina arborea</i> pur	0,03 ± 0,003	10,34 ± 0,01	13,76 ± 0,03	55,18 ± 0,14
<i>Gmelina arborea</i> - cacaoyer	0,04 ± 0,003	8,08 ± 0,02	7,07 ± 0,02	62,01 ± 0,12
<i>Gmelina arborea</i> - caféier	0,03 ± 0,003	6,23 ± 0,02	1,11 ± 0,01	69,22 ± 0,13

### Qualité du bois de *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* dans les différents types de reboisement

Les résultats sur la qualité du bois des espèces avec le type de reboisement montrent que *Cedrela odorata* a eu la meilleure qualité de bois dans les agroforêts de cacaoyers. En effet, la cylindricité et rectitude sont respectivement égales à 40,07 % et 38 % dans ces systèmes (figure 3). Le reboisement de type *Cedrela odorata* pur a enregistré une meilleure qualité de bois. Les mêmes observations ont été faites avec *Gmelina arborea* pur. En effet, plus de la moitié des plants de *Gmelina arborea* en association avec le cacaoyer ont présenté de bonnes cylindricité et de rectitude. Ils sont également suivis par ceux des plants en reboisement pur.



**Figure 3.** Histogrammes des paramètres qualitatifs de *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* dans les différents types de reboisement

## Discussion

La présente étude a permis de recenser 57 espèces végétales réparties entre 51 genres et 22 familles dont les plus dominantes sont les Fabaceae, les Malvaceae, les Meliaceae et les Moraceae. La dominance des Fabaceae est un phénomène assez général pour la plupart des formations forestières (Aubreville, 1959). Des observations similaires ont été faites dans les agroforêts à *Acacia mangium* Willd dans la forêt classée de l'Anguédédou (Kouadio et al., 2016). Cette dominance desdites familles pourrait se justifier par le fait qu'elles sont couramment rencontrées dans la plupart des forêts de Côte d'Ivoire.

Les résultats de l'indice de diversité floristique aboutissent à la conclusion selon laquelle les systèmes d'agroforêts offrent une diversité floristique importante et plus particulièrement pour le reboisement de type *Cedrela odorata* en association avec le cacaoyer. Selon Tayo-Gamo (2014), les agroforêts sont conservatrices d'un certain niveau de biodiversité, pouvant aller jusqu'à un niveau proche de celui de la forêt secondaire selon les systèmes. Ce constat est similaire à celui fait par Sonwa et al. (2001) qui estiment que les agroforêts à cacaoyer ont une structure semblable à celle des forêts, ce qui leur permet ainsi de participer comme les forêts à la conservation de la qualité physique et chimique du sol, à la régulation thermique et à la conservation des espèces. En effet, *Cedrela odorata* est une espèce qui produit abondamment de graines qui sont de petite taille avec des appendices (Coulibaly et al., 2022). Elle a également une croissance rapide lui permettant de gagner en hauteur 1 à 2 mètres par an dans les premiers stades de son développement (Pennington, 2006). Cela est un avantage pour la prolifération de l'espèce (Douma et al., 2019). De ce fait *Cedrela odorata* a une bonne capacité de régénération dans les forêts denses semi décidue (Zo-bi et al., 2021). Selon Vroh Bi & Youssouf (2021), dans les plantations forestières monospécifiques, il y a un déséquilibre des conditions de rétablissement de certaines espèces indigènes principalement, celles qui sont endémiques et menacées. D'autres études ont également montré que cette espèce forestière s'adapte et survit à l'ombre comme en plein soleil dans des combinaisons de plantations mixtes (Addo-Danso et al., 2012).

L'espacement est un des facteurs qui exerce la plus forte influence sur la croissance des diamètres. En effet, plus les tiges sont serrées, moins le diamètre évolue. Vouï et al. (2021) ont obtenu ces mêmes résultats sur le Teck (*Tectona grandis*) dans la forêt classée de Bouaflé. Concernant les résultats sur la croissance des espèces pour la présente étude, les meilleures croissances sont observées dans les agroforêts de *Gmelina arborea* en association avec le cacaoyer (peu ombragée). Ces résultats pourraient s'expliquer par l'effet de l'ombrage qui contraint les plantes à grandir en hauteur à la recherche de la lumière pour l'activité photosynthétique (Coulibaly et al., 2022). L'espèce

*Gmelina arborea* étant une essence héliophile a toujours tendance à aller à la recherche de la lumière solaire ; c'est ce qui traduit les meilleurs résultats de la hauteur et de la croissance. Lorsque la lumière pénètre profondément par les canopées, elle stimule la croissance diamétrique. Le phototropisme dépend largement de l'espacement (Akouehou, 2009). S'agissant de l'espèce *Cedrela odorata* en agroforêt, leur croissance serait retardée du fait de l'abondance de l'ombrage de la canopée jointive des arbres plantés (Tulod et al., 2017). La canopée des espèces exotiques, ne laissant pas traverser la lumière du soleil, influence donc négativement la croissance des recrues (Petit & Montagnini, 2006).

Les fûts de bonne rectitude et de cylindricité, sont meilleurs dans l'agroforêt à *Gmelina arborea* en association avec le cacaoyer. En revanche, sur l'ensemble des placettes la bonne cotation de la rectitude et de la cylindricité est due à la bonne capacité de l'espèce de *Gmelina arborea* à s'auto élaguer (Coulibaly et al., 2022).

La distribution des tiges par catégorie de grosseur présente un grand intérêt en matière de gestion forestière car elle est une expression de la structure du peuplement (Rondeux, 1999). De la même manière, la connaissance de la distribution des diamètres d'un peuplement est un grand intérêt pour la gestion durable par l'évaluation des ressources immédiatement disponibles et la planification future des prélèvements. La prise en compte de la biodiversité floristique dans la gestion des espaces dégradés dans la forêt classée de Besso est une contribution à l'amélioration de la qualité des parcelles de reboisement. Il est donc urgent que des études ultérieures soient envisagées pour évaluer les caractéristiques anatomiques et technologiques des bois des différentes espèces issues de ce reboisement.

## **Conclusion**

Les résultats obtenus à travers cette étude ont permis de mieux évaluer la diversité floristique, la croissance et la qualité des espèces de reboisement qui constitue le meilleur moyen d'approvisionnement des marchés du bois. Ces résultats sur la diversité des espèces de *Cedrela odorata* et *Gmelina arborea* dans les différents agrosystèmes révèlent une forte diversité au niveau de l'agroforêt de type *Cedrela odorata* en association avec le caféier. De même la meilleure croissance des arbres a été obtenue au niveau des agroforêts de type *Gmelina arborea* associé au cacaoyer. Pour les paramètres qualitatifs, la meilleure rectitude et cylindricité a été observée dans les agroforêts de type *Gmelina arborea* en agroforêt avec le cacaoyer. La production du bois reste indispensable pour les industries locales et internationales.

**Conflits d'intérêt :** les auteurs ne déclarent pas de conflits d'intérêts.

**Contribution des auteurs :** Noufou Doudjo Ouattara, Dokalnan Coulibaly et Adama Bakayoko ont contribué, à part égale, aux travaux et à la rédaction de cette publication. Eric Gnahore et Mathieu Dogba ont également contribué à la rédaction. Tous les auteurs ont contribué à la révision du manuscrit.

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

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

### References:

1. Adjakpa, BJ, Yedomonhan, H, Ahoton, LE, Weesie, PD & Akpo, EL (2013). Structure et diversité floristique des îlots de forêts riveraines communautaires de la vallée de Sô du Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 65, 4902 – 4911.
2. Addo-Danso, SD, Bosu, PP, Nkrumah, EE, Pelz, DR, Coke, SA. & Adu-Bredu, S (2012). Survival and growth of *Nauclea diderrichii* and *Pericopsis elata* in monoculture and mixed-species plots in Ghana. *Journal of Tropical Forest Science.*, 24(1), 37-45.
3. Aké-Assi L & Dian B (1990) : Développement agricole et protection de la forêt : quel avenir pour la forêt ivoirienne ?, *Mitt. Inst. All.Bot. Hamburg. Band 23 a*, 169-176.
4. Akouehou, SG (2009). Manuel de l'agent forestier. *Bibliothèque National (BN) du Bénin*, 4067 : 97 p.
5. APG IV (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants. *Botanical Journal of Linnean Society*, 181: 1–20. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
6. Aubreville, A (1959). « la flore de la Côte d'Ivoire ». 2eme édition, CTFT, Nogent-sur Marme, France, 15(3), 334-372 + 3 cartes.
7. Chatelain, C, Dao, H, Gautier, L & Spichiger, R (2004). Forest cover changes in Ivory Coast and Upper Guinea. In : *Biodiversity of West African Forests, An Ecological Atlas of Woody Plant Species* CABI Publ., 1ere édition : 15 - 32.
8. Coulibaly, D, Kouadio, V-PG, Edi, KA., N'Guessan, KA. & Boraud, NM (2022). Régénération naturelle des végétaux : cas de *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) dans la forêt dense semi-décidue de Sangoué (Centre-Sud, Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16 (5), 2128 - 2142.

9. Damette, O & Delacote, P (2011). Unsustainable timber harvesting, deforestation and the role of certification. *Ecological Economics*,70, 1211-1219. DOI : 10.1016/j.ecolecon.2011.01.025.
10. Deleporte, P (1996). Assistance technique en matière de recherche sylvicole-suivi scientifique des plantations expérimentables d'Ekouk. Gabon, CIRAD-Forêt Bailarguet : 18 p.
11. Douma, S, Adamou, MM, Aboubacar, K, Alleidi, I & Boubacar, AN (2019). Effet du régime d'irrigation sur la germination et la croissance en pépinière de *Parkia biglobosa* (Jacq.) G. Don. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 40 (1), 6573-6583.
12. FAO. (2011). La situation des forêts du monde 2011. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, Italie, 176 p.
13. FAO. (2021). Évaluation des ressources forestières mondiales 2020 : Rapport principal. Rome, Italie : 185 p.
14. Felfili, J, Silva, M, Júnior, MC, Sevilha, AC, Fagg, CW, Walter, BMT, Nogueira, PE & Rezende, AV (2004). Diversity floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. *Plant Ecology*, 175, 37 - 46.
15. Guillaumet, JL & Adjanohoun, E (1971). La végétation de la Côte d'Ivoire. In : Le Milieu Naturel de la Côte d'Ivoire. ORSTOM, Paris, France, 161 - 262.
16. Hutchinson, JM & Dalziel, JM (1954). Flora of western Tropical Africa. 2è éd. London, 4 Vol.
17. Inventaire forestier et faunique national (IFFN). (2021). Rapport d'étude floristique. [http://www.faapa.blog linve](http://www.faapa.blog.linve).
18. Khan, N, Fahad, S, Faisal, S, Akbar, A & Naushad, M (2020). Socio-economic and medicinal review of *Eucalyptus* tree in the world. *SSRN Electronic Journal* 1-41. DOI: 10.2139/ssrn.3644215.
19. Kouadio, KR, Bakayoko, A, N'guessan, KA & Konan, D (2016). Diversité et structure floristiques sous des peuplements d'Acacias Australiens en zone forestière de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 12 (35), 229-246.
20. Kouamé, NF (1998). Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de troisième cycle Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 227 p.
21. Legendre, P & Legendre, L (1998). Numerical ecology. *Elsevier, Amsterdam, Pays – Bas*, 853 p.
22. Leroy, M., Derroire, G, Vendé, J & Leménager, T (2013). La gestion durable des forêts tropicales. De l'analyse critique du concept à

- l'évaluation environnementale des dispositifs de gestion. Agence Française de Développement (AFD), 240 p.
23. MacDicken, K, Jonsson, Ö, Piña, L, Maulo, S, Contessa, V, Adikari, Y, Garzuglia, M, Lindquist, E, Reams, G & D'Annunzio, R (2016). Évaluation des ressources forestières mondiales 2015 : Répertoire de données de FRA 2015. Rome, Italy : FAO.
  24. Malan, DF, Aké-Assi, L, Tra Bi, FH & Neuba, D (2007). Diversité floristique du parc national des îles Ehotilé (littoral est de la Côte d'Ivoire). *Bois et Forêts des Tropiques*, 292 (2), 49 - 58.
  25. McDonald, RI, Marcotullio, PJ, Güneralp, B (2013). Urbanization and global trends in biodiversity and ecosystem services, in : Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services : *Challenges and Opportunitie*. A Global Assessment, 31 - 52.
  26. N'Guessan, KA, Ahoba, A, Issali, AE, Akanvou, R, Sékou, D, Ouattara, NK & Louppe, D (2016). Comment régénérer naturellement une forêt en Côte d'Ivoire ? Fiche technique. 7 p.
  27. Pennington, TD (2006). Comments on draft proposal to include *Cedrela odorata* in Appendix II, provided as Annex to email from Noel McGough (UK CITES Scientific Authority) to Harriet Gillett (UNEP-WCMC) 11 December 2006.
  28. Petit, B & Montagnini, F (2006). Growth in pure and mixed plantations of tree species used in reforesting rural areas of the humid region of Costa Rica, Central America. *Forest Ecology and Management*, 233, 338-343.
  29. Piélou, EC (1966). Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 10, 370 – 383. doi.org/10.1016/0022-5193 (66), 90133-0.
  30. Rondeux, J (1999). La mesure des arbres et des peuplements forestiers. *Les Presses Agronomiques de Gembloux*, 2ème Edition. Gembloux.
  31. Schnell, R (1970). Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux. 2 volumes. Gauthier Villars, Paris, France, 951 p.
  32. Scoupe, M (2011). Composition floristique et diversité de la végétation de la zone Est du Parc National de Taï (Côte d'Ivoire) mémoire de Master, Université de Genève en Biologie, 45 p.
  33. Silué, PA (2018). Diversité végétale de deux forêts classées dans la région de la Bagoué (Nord de la Côte d'Ivoire). Structure et essai de régénération artificielle de trois espèces couramment exploitées : *Pterocarpus erinaceus*, *Khaya senegalensis* et *Isobertinia Spp*. Thèse de Doctorat, UFR Biosciences, Université deCocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 201 p.

34. Slik, FJWS, Arroyo-Rodríguez, V, Aiba, S-I, Alvarez-Loayza, P, Alves, LF, Balvanera, P & Zang, R (2015). An estimate of the number of tropical tree species. *PNAS*, 112 (24),7472-7.
35. SODEFOR. (2014). Plan d'aménagement de la forêt classée de la BESSO (21565 ha) 2014-2023. Abidjan, Côte-d'Ivoire ; 100 p.
36. Sonwa, D, Weise, SF, Tchatat, M, Nkongmeneck, B, Adesina, AA, Ndoye O & Gockowski J (2001). Rôle des agroforêts cacao dans la foresterie paysanne et communautaire au Sud-Cameroun. *Deuxième atelier international sur la foresterie participative en Afrique préparer l'avenir: des conditions de vie durables en milieu rural grâce à la gestion participative des ressources forestières*, 8 p.
37. Tayo-Gamo, KY (2014). Dynamique de la biodiversité ligneuse et des stocks de carbone dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyer au centre Cameroun : cas de Ngomedzap. Master professionnel en foresterie, FASA, 77 p.
38. Tulod, AM, Casas, JV, Marin, RA & Ejoc, JAB (2017). Diversity of native woody regeneration in exotic tree plantations and natural forest in Southern Philippines. *Forest Science and Technology*, 13 (1), 31-40, doi.org/10.1080/21580103.2017.1292958.
39. Vroh Bi, TA. & Youssouf, K (2021). « Valeur écologique et produits de cueillette des plantations forestières de la Forêt classée de la Téné », *Vertigo*, 21 DOI:https://doi.org/10.4000/vertigo.32783
40. Vouï, BBNB, Kouamé, D & Kouakou, MEV (2021). Impact des coupes d'exploitation et de gestion sur la diversité végétale des parcelles reboisées de *Tectona grandis* L. (Verbenaceae) de la forêt classée De Bouaflé (Centre-Ouest, Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine* Sp. 33 (1) : 141 - 160.
41. Zo-bi, IC, Amani, BHK, Kassi, DJ & Anny, EN (2021). Cause and consequences of *Cedrela odorata* invasion in West African semi deciduous tropical forests. *Biological Invasion*, 23(2), 537-552. DOI: 10.1007/s10530-020-02381-8.

## **Effet de l'Enrobage des Semences de Maïs (*Zea mays L.*) avec *Trichoderma harzianum* sur la Levée et la Croissance des Plantules au Burkina Faso**

*Dabiré Tobdem Gaston, PhD*

*Ir. Sanou Amadou*

*Bonzi Schémaéza, PhD*

*Somda Irénée, PhD*

Université Nazi BONI, Laboratoire des Systèmes Naturels, Agrosystèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p90](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p90)

Submitted: 21 April 2023

Accepted: 10 August 2023

Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Gaston D.T., Amadou S., Schémaéza B. & Irénée S. (2023). *Effet de l'Enrobage des Semences de Maïs (Zea mays L.) avec Trichoderma harzianum sur la Levée et la Croissance des Plantules au Burkina Faso*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 90.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p90>

### **Résumé**

Au Burkina Faso, de nombreuses espèces de moisissures infectent les grains de maïs entraînant des fontes de semis, des retards de croissance des plantes et la production de mycotoxines dangereuses pour la santé humaine et animale. L'objectif de la présente étude a été d'évaluer le comportement des semences de maïs enrobées avec les conidies d'une souche locale de *Trichoderma harzianum* ayant présenté des propriétés antifongiques et amélioré la croissance végétative des plantules d'oignon selon des études antérieures. Six lots de semences de six variétés de maïs ont ainsi été collectés et analysés pour identifier les espèces de moisissures en présence. Les principales espèces identifiées ont ensuite été confrontées *in vitro* avec *T. harzianum* pour apprécier l'antagonisme. Des grains de maïs ont enfin été enrobés avec les conidies de *T. harzianum* en utilisant de l'argile comme liant puis semés et entretenus pendant vingt-cinq (25) jours pour apprécier la levée et la croissance des plantules. *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus niger* et *Aspergillus flavus* ont été les trois principaux champignons présents dans les semences analysées à des taux d'infection variant de 8,3 à 89,5%, en fonction des variétés de maïs. L'évaluation de l'antagonisme de *T. harzianum* a montré

une réduction significative de la croissance de ces trois champignons avec des coefficients d'antagonisme compris entre 0,68 et 0,86. Concernant l'effet promoteur de la croissance végétale, l'enrobage des semences avec *T. harzianum* a permis d'améliorer significativement la levée, la longueur des plantes et des racines ainsi que la biomasse fraîche par rapport aux semences non enrobées.

---

**Mots-clés:** Trichoderma, Burkina Faso, Maïs, Semences, Aspergillus

---

## **Effect of *Trichoderma Harzianum*, by Seed Coating, on the Emergence and Growth of Maize Seedlings in Burkina Faso**

*Dabiré Tobdem Gaston, PhD*

*Ir. Sanou Amadou*

*Bonzi Schémaéza, PhD*

*Somda Irénée, PhD*

Université Nazi BONI, Laboratoire des Systèmes Naturels, Agrosystèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

---

### **Abstract**

In Burkina Faso, many mold species infect maize grains causing seedling damping off, plant growth retardation, and the production of mycotoxins which are dangerous for human and animal health. The objective of the present study was to evaluate the behavior of maize seeds coated with the conidia of a local strain of *Trichoderma harzianum* having shown antifungal properties and improved the vegetative growth of onion seedlings according to previous studies. Six seed lots from six varieties of maize were thus collected and analyzed to identify the existing mold species. The main identified species were then confronted in vitro with *T. harzianum* to assess the antagonistic effects. Maize seeds were finally coated with the conidia of *T. harzianum* using clay as binder and then sown and maintained for twenty-five (25) days to assess the emergence and growth of the seedlings. *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus niger*, and *Aspergillus flavus* were the three main fungi present in analyzed seeds lots with infection rates varying from 8.3 to 89.5%, depending on the maize varieties. The evaluation of the antagonism of *T. harzianum* showed a significant reduction in the growth of the three fungal species with antagonism coefficients situated between 0.68 and 0.86. In terms of plant growth-promoting effect, seed coating with *T. harzianum* significantly improved seedling emergence, plant and root length and fresh biomass, compared to non-coated seeds.

---

**Keywords:** Trichoderma, Burkina Faso, Maize, Semences, Aspergillus

## Introduction

Au Burkina Faso, plus de 86% des superficies agricoles est occupé par des céréales qui constituent la base alimentaire des populations (MAAH/DGESS, 2021). Parmi ces céréales, le maïs (*Zea mays* L.) est majoritairement consommé par plus de 98% des ménages et les sous-produits de sa transformation entrent dans l'alimentation animale (Bambara, 2021). Au cours des deux dernières campagnes, le maïs a occupé la première place parmi les productions céréalières devant le sorgho (MAAH/DGESS, 2021). En termes quantitatifs, pour la campagne agricole 2020-2021, 1 910 101 tonnes de maïs ont été produites sur une superficie de 1 089 389 hectares (MAAH/DGESS, 2021). Le maïs contribue grandement à l'économie du Burkina Faso car il est à la fois une culture vivrière et une culture de rente (Compaoré et al., 2021a).

Cependant, en raison de certaines conditions météorologiques de production, du mauvais séchage des épis couplé à des conditions inappropriées de stockage, les grains de maïs produits se retrouvent contaminés par des espèces de moisissures en provenance de l'air ou du sol (Ishrat & Shahnaz, 2009; Compaoré et al., 2021b). Ces espèces de champignons entraînent non seulement des fontes de semis et des retards de croissance à l'origine de baisse de rendements mais aussi sécrètent des métabolites secondaires comme les aflatoxines qui sont hautement toxiques pour l'homme et les animaux d'élevage (Bonzi et al., 2012 ; Compaoré et al., 2021b). De plus, environ 40% de la production du maïs est contaminé par les aflatoxines dans les pays en développement (Bamba, 2021).

Le contrôle de ces moisissures repose essentiellement sur le traitement des semences avec des produits chimiques de synthèse (Bonzi et al., 2013 ; Dabiré et al., 2016). Toutefois, l'exposition des producteurs, des consommateurs et de l'environnement aux résidus de pesticides ainsi que l'apparition rapide de résistances au sein des populations des agents pathogènes font que l'usage des pesticides de synthèse est de nos jours peu recommandé et fortement régulée (Son et al., 2018). Une des alternatives pourrait être l'utilisation des biopesticides à base des extraits de plantes ou des bioagents comme les champignons microscopiques.

*Trichoderma harzianum* Pers. est un champignon tellurique largement utilisé en lutte biologique contre plusieurs autres champignons phytopathogènes (Gary et Hebbbar, 2015 ; Monaco, 2021). Ce champignon est également rapporté comme un excellent promoteur de la croissance végétale de plusieurs cultures (Caron et al., 2002 ; Gautam et al., 2015). Dans la pratique, *T. harzianum* est utilisé sous des formulations liquides ou poudreuses

à épandre au sol ou pour enrober les semences avant semis (Gary et Hebbbar, 2015). La technologie du *T. harzianum* apparaît ainsi comme une solution adéquate pour lutter efficacement et écologiquement contre les moisissures des grains de maïs au Burkina Faso.

L'efficacité de *T. harzianum* sur le terrain dépend toutefois de plusieurs facteurs dont son adaptabilité aux agrosystèmes (Yedia et al., 2001; Velivelli et al., 2014). Au Burkina Faso, plusieurs formulations à base de *Trichoderma* sont proposées en culture maraîchère notamment par des sociétés mais l'efficacité de ces formulations sur le terrain burkinabè demeure mitigée à cause de l'inadaptation éventuelle des souches utilisées qui sont exotiques.

Suite à des investigations, une souche locale de *T. harzianum* a été isolée et testée avec succès comme agent de lutte biologique contre les fontes de semis et la promotion de croissance de l'oignon (Dabiré et al., 2016). Il est donc important de mener des études dans ce sens afin de trouver une solution durable aux moisissures des grains de maïs.

Cette étude vise comme objectif, l'évaluation de l'efficacité de cette souche de *Trichoderma* en traitement de semences de maïs contre les espèces de moisissures. Plus spécifiquement, il s'agit d'identifier les principaux champignons microscopiques présents sur les semences de maïs, d'évaluer l'action antagoniste *in vitro* de la souche de *T. harzianum* sur ces champignons rencontrés et enfin d'évaluer l'efficacité de l'enrobage des semences avec les conidies de *T. harzianum* sur la réduction des fontes de semis et la promotion de la croissance du maïs.

## Matériel et Méthodes

### Matériel d'étude

Un échantillon de six (06) variétés de maïs les plus utilisées au Burkina Faso ont été utilisés pour réaliser l'étude (Tableau 1). Les échantillons ont été collectés auprès des producteurs semenciers puis conservés au laboratoire à 5°C. Il s'agit de deux (02) kilogrammes de semences certifiées de chaque variété.

**Tableau 1.** Caractéristiques des variétés de maïs utilisées pour l'étude

Nom	Type de variété	Qualités/usages	Cycle (JAS)	Rdt (T/ha)
Barka	Extra précoce	Usages industriels Alimentation humaine	80	5,5
Bondofa	Hybride	Hauts rendements	97	7-9
Espoir	Composite	Riche en protéines assimilables	97	6,5
Komsaya	Hybride	Riche en protéines assimilables	97	8-9,5
SR21	Composite	Alimentation humaine	97	5,1
Wari	Composite	Usages agro-industriels	91	6,4

**JAS** : Jours après semis ; **Rdt (T/ha)** : Rendement grain (Tonnes par hectare). Source : INERA/CT/DRREA-O, Farako-bâ, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

Les espèces fongiques pathogènes les plus rencontrées après analyse des semences, dont un isolat de *Fusarium verticillioides*, un de *Aspergillus flavus* et un autre de *A. Niger*, ont été isolées des semences analysées et utilisées en antagonisme avec la souche de *T. harzianum*. La souche de *T. harzianum* a, quant à elle, été isolée à partir d'un échantillon de sol prélevé dans la rhizosphère d'une parcelle d'oignon située dans le village de Tabtenga à l'Est de la ville de Ouagadougou au Burkina Faso. La souche a été séquencée puis conservée dans la mycothèque de Earth and Life Institute (ELI) de l'Université Catholique de Louvain (UCL) en Belgique sous le numéro d'accèsion 8129-THBFA.

L'enrobage des semences de maïs avec les conidies de *T. harzianum* a été réalisé en utilisant de l'argile blanche de type Kaolinite comme substance adhésive permettant de retenir les conidies sur les semences. Cette argile a été collectée dans le village de Kôrô situé à environ 15 Km à l'Est de la ville de Bobo-Dioulasso. Les particules d'argile ont été broyées dans un mortier et tamisées pour obtenir une poudre fine qui a ensuite été doublement stérilisé à 120°C pendant 30 minutes.

## **Méthodes**

### **Analyse sanitaire des semences de maïs**

L'analyse sanitaire des semences a été réalisée en utilisant la méthode du papier Buvard telle que décrite par Mathur et Kongsdal (2003). Des échantillonnage de deux cents (200) grains par variété ont été réalisés et analysés en 20 répétitions suivant les règles internationales en matière d'analyse sanitaire des semences (Mathur et Kongsdal, 2003). Pour chaque répétition, 10 grains de maïs ont été placés à équidistance sur trois couches de papier Buvard humidifié à l'eau distillée stérile tapissant le fond d'une boîte de Petri stérile. Les boîtes de Petri ainsi ensemencées ont ensuite été mises en incubation à 22°C sous un cycle alternatif de lumière proche ultraviolet et d'obscurité (12h/12h) pendant sept (07) jours pour favoriser le développement des champignons sur les grains. Au terme du temps d'incubation, les grains ont été individuellement observés sous une loupe stéréoscopique aux grossissements 16X et 25X pour détecter la présence de colonies fongiques et les identifier sur la base des caractéristiques morphologiques du mycélium et des organes de fructification. Lorsque l'identification directe est dubitative sous la loupe stéréoscopique, des préparations entre lame et lamelles des colonies fongiques ont été effectuées puis observées au microscope optique aux grossissements 10X et 40X pour affiner l'identification. Le nombre de grains infecté par chaque espèce fongique a été relevé puis le taux d'infection de chaque échantillon de semences par chaque espèce fongique identifiée a été calculé par la formule suivante :

$$Ix (\%) = \left( \frac{NGI/x}{NTGA} \times 100 \right)$$

Avec : **I<sub>x</sub> (%)**: Taux d'infection des semences par l'espèce x ; **NGI/x**: Nombre de grains infectés par l'espèces x ; **NTGA**: Nombre total de grains analysés.

### **Effet antagoniste *in vitro* de *T. harzianum* sur les champignons rencontrés sur les semences**

*Fusarium verticillioides*, *Aspergillus niger* et *A. flavus* ont été les trois principales espèces rencontrées sur les échantillons et connues comme responsables de fontes de semis, de retard de croissance et de production de mycotoxines. L'activité antagoniste des isolats de *T. harzianum* vis-à-vis de ces espèces a été étudiée *in vitro* en co-culture par confrontation directe selon la méthode de Meraj-ul-Haque et al., (2012). Dans des boîtes de Petri de 90 mm de diamètre contenant 15 ml du milieu PDA, des explants mycéliens de 6 mm de diamètre de chaque espèce pathogène et de l'antagoniste ont été déposés sur un même axe à équidistance du centre de la boîte de Petri. La distance qui sépare les deux explants est de 5 cm. Les boîtes de Petri ont été scellées et mises en incubation sous 12 h de lumière proche UV alternée avec 12 h d'obscurité à une température de 22-25°C pendant 7 jours. Le témoin a été constitué par un repiquage du pathogène uniquement placé à 5 cm du centre de la boîte Petri. Chaque couple pathogène-antagoniste a été répété cinq (05) fois. Après sept jours, les rayons de croissance des colonies pathogènes dans l'axe séparant les deux explants ont été mesurés en présence ou non de la souche de *T. harzianum* et les coefficients d'antagonisme calculés par la formule suivante proposée par Meraj-ul-Haque et al., (2012):

$$a = \left( 1 - \frac{R_{trait}}{R_{tem}} \right)$$

Avec : **a**: coefficient d'antagonisme ; **R<sub>tem</sub>**: rayon moyen de croissance des pathogènes seuls sans *T. harzianum* ; **R<sub>trait</sub>**: rayon moyen de croissance des pathogènes en présence de *T. harzianum*.

### **Effet *in vivo* de *T. harzianum* sur la levée et la croissance du maïs**

La méthode utilisée pour évaluer l'effet de *T. harzianum* sur la levée des plants de maïs et sur la croissance des plantes a été l'enrobage des semences avec les conidies du champignon suivi de leur mise en terre et leur entretien pendant 25 jours. A partir d'une culture de la souche de *Trichoderma*, une suspension conidienne a été préparée avec de l'eau distillée plus Tween 80 (0,1%) en conditions aseptiques sous une hotte à flux laminaire. La suspension des spores obtenue, titrée puis ajustée à 10<sup>9</sup> spores/ml a été utilisée

comme inoculum. Dans un bécher de 500 ml contenant 10 g d'argile blanche humidifiée avec 5ml d'eau distillée stérile, 25 grains de maïs de chaque variété ont été introduits. Trois (03) ml de l'inoculum de *T. harzianum* précédemment préparé a été ajouté dans chaque bécher. L'ensemble du contenu du bécher a été ensuite convenablement remué à l'aide d'une spatule pour assurer l'adhésion entre les grains de maïs et les conidies de *T. harzianum*, l'argile jouant un rôle de liant. Les semences témoins ont été enrobées avec l'argile sans inoculation avec *T. harzianum*. Les grains ainsi enrobés ont été séchés sous hotte à flux laminaire pendant trois heures. Les grains enrobés ont été semés dans des pots contenant un substrat composé d'un mélange de sable, de compost et de terreau collecté dans le milieu paysan dans les proportions de 1/5, 1/5, et 3/5. Le substrat a été préalablement stérilisé à la vapeur d'eau pendant trois heures dans des barriques. Après refroidissement, le substrat a été réparti dans les pots à raison de 4 kg par pot. Les semis ont été réalisés dans les pots à raison de cinq grains par pot. Chaque échantillon a été testé en blocs complets randomisés suivants trois traitements répétés cinq (05) fois : (i) grains non enrobés (témoin), (ii) grains enrobés à l'argile sans *T. harzianum*, (iii) grains enrobés à l'argile en présence des conidies de *T. harzianum*. Chaque pot faisant office d'une répétition, cela donne un total de 12 pots utilisés par échantillon de semences et 72 pots pour l'ensemble de l'essai. Après semis, les pots ont été entreposés à l'air libre et arrosés quotidiennement pendant 24 jours. Le nombre de plants levés par pot a été relevé cinq (05) jours après semis. Au 24<sup>ème</sup> jour après semis, les plants ont été arrachés après humidification complète des pots et les paramètres suivants mesurés ; (i) longueur des plantes, (ii) longueur des racines (iii) nombre de feuilles formées (iv) biomasse totale des plants de chaque pot.

### **Traitement des données**

Les moyennes des données collectées des différentes manipulations ont été calculées avec le tableur Excel. Les moyennes obtenues ont été comparées par une analyse de variance en utilisant le test de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls au seuil de 5% effectué avec le logiciel IBM SPSS version 22.

### **Résultats**

#### **Analyse sanitaire des semences**

L'analyse sanitaire des semences de maïs a révélé que tous les échantillons sont contaminés par des champignons microscopiques à des taux d'infection variables. Huit (08) espèces issues de sept (07) genres fongiques ont été retrouvées sur les échantillons de semences des six (06) variétés de maïs analysées. Ce sont : *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Bipolaris maydis*, *Cucurbitaria lunata*, *Exserohilum rostratum*, *Fusarium verticillioides*,

*Penicillium sp.* et *Rhizopus sp.* (Tableau 2). Les taux d'infection ont varié jusqu'à 89,5% pour *Fusarium verticillioides* sur la variété Wari (Tableau 2). Quelle que soit la variété analysée, *Fusarium verticillioides* a présenté les taux d'infection les plus élevés et *Exserohilum rostratum* les plus faibles taux (Tableau 2). Parmi ces espèces fongiques identifiées, *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus flavus* et *A. niger* sont connues comme des espèces causant des fontes de semis et produisant des mycotoxines et ont été identifiées à des taux d'infection supérieurs à 10% en dehors de *A. niger* sur la variété Wari (Tableau 2).

**Tableau 2.** Taux d'infection (%) des échantillons de semences de maïs par les espèces fongiques identifiées

Espèces fongiques	Ech1	Ech2	Ech3	Ech4	Ech5	Ech6
<i>Aspergillus flavus</i>	28,3 <sup>c</sup>	57,3 <sup>c</sup>	13,0 <sup>b</sup>	18,3 <sup>c</sup>	22,0 b	14,3 <sup>c</sup>
<i>A. niger</i>	54,5 <sup>d</sup>	64,8 <sup>d</sup>	12,5 <sup>b</sup>	43,5 <sup>e</sup>	20,0 b	8,3 <sup>b</sup>
<i>Bipolaris maydis</i>	2,0 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	1,0 <sup>ab</sup>	5,3 a	4,0 <sup>a</sup>
<i>Curvularia lunata</i>	3,8 <sup>a</sup>	2,3 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	1,5 <sup>ab</sup>	2,3 a	1,5 <sup>a</sup>
<i>Exserohilum rostratum</i>	1,0 <sup>a</sup>	0,5 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>a</sup>	0,5 a	0,0 <sup>a</sup>
<i>Fusarium verticillioides</i>	51,5 <sup>d</sup>	88,5 <sup>e</sup>	60,8 <sup>d</sup>	71,0 <sup>f</sup>	61,8 c	89,5 <sup>e</sup>
<i>Penicillium sp.</i>	28,5 <sup>c</sup>	17,5 <sup>b</sup>	18,0 <sup>c</sup>	28,0 <sup>d</sup>	6,8 a	26,3 <sup>d</sup>
<i>Rhizopus sp.</i>	12,0 <sup>b</sup>	16,0 <sup>b</sup>	0,0 <sup>a</sup>	8,3 <sup>b</sup>	6,3 a	0,0 <sup>a</sup>
<b>Valeur de F</b>	106,7	259,2	180,8	133,6	118,6	427,6
<b>Stat. Probabilité</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Signification</b>	HS	HS	HS	HS	HS	HS

**Stat.:** Valeurs statistiques, **Ech1:** Barka, **Ech2:** Bondofa, **Ech3:** Espoir, **Ech4:** Komsaya, **Ech5:** SR21, **Ech6:** Wari. Les chiffres dans une même colonne, affectés de la (des) même(s) lettre(s) alphabétique(s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student Newman et Keuls)

### Effet antagoniste *in vitro* de *T. harzianum* sur les champignons rencontrés

Les rayons moyens de croissance de *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus niger* et *A. flavus* mis en co-culture en confrontation directe avec *Trichoderma harzianum* sont consignés dans le tableau 3. L'analyse du tableau indique que *F. verticillioides* et *A. flavus* croissent plus vite sur milieu PDA en présence comme en absence de l'antagoniste (Tableau 3). Les coefficients d'antagonisme exercés par *Trichoderma harzianum* sur les trois espèces fongiques pathogènes ont été de 0,61 ; 0,71 et 0,86 respectivement sur *A. flavus*, *F. verticillioides* et *A. niger*. *Trichoderma harzianum* a significativement réduit la croissance de *A. niger* par rapport aux deux autres espèces pour lesquelles il n'y a pas eu de différence significative (Tableau 3).

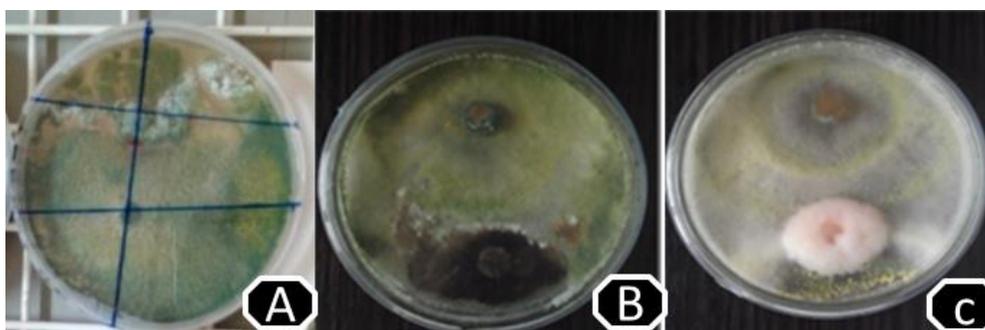
**Tableau 3.** Croissance radiale de *A. flavus*, *F. verticillioides* et *A. niger* et coefficients d'antagonisme de *T. harzianum* sur les 3 agents pathogènes en confrontation directe *in vitro*

Traitements	Croissance radiale (cm)	a
<i>A. Flavus</i> seul	7,8 <sup>d</sup>	-
<i>F.verticillioides</i> seul	8,4 <sup>d</sup>	-
<i>A. niger</i> seul	7,0 <sup>c</sup>	-
<i>A. Flavus</i> + <i>T. harzianum</i>	2,5 <sup>b</sup>	0,68 <sup>a</sup>
<i>F.verticillioides</i> + <i>T. harzianum</i>	2,4 <sup>b</sup>	0,71 <sup>a</sup>
<i>A. niger</i> + <i>T. harzianum</i>	1,0 <sup>a</sup>	0,86 <sup>b</sup>
<b>Valeur de F</b>	<b>188,142</b>	<b>10,703</b>
<b>Stat. Probabilité</b>	<b>0,000</b>	<b>0,002</b>
<b>Signification</b>	<b>HS</b>	<b>S</b>

Stat.: Valeurs statistiques ; **HS** : Hautement significatif ; **S** : non significatif.

Les chiffres dans une même colonne, affectés de la (des) même(s) lettre(s) alphabétique(s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student Newman Keuls).

Au-delà d'une période de sept jours d'incubation, *Trichoderma harzianum* envahit les colonies fongiques et sporule sur celles-ci (Figure 1).



**Figure 1.** Aspects de la croissance des espèces fongiques en co-culture

**A:** *Trichoderma* et *A. flavus*, **B:** *Trichoderma* et *A. niger*, **C:** *Trichoderma* et *F. verticillioides*

### Effet *in vivo* de *T. harzianum* sur la levée et la croissance des plants de maïs

Les tableaux 4 à 9 présentent les résultats des différents paramètres de croissance des différentes variétés relevés en fonction des traitements subis par les grains.

#### Au niveau de la variété Barka

Les résultats sur l'émergence des plantules, la longueur des plantes, la longueur des racines, le nombre de feuilles formées et la biomasse fraîche totale de la variété Barka en fonction des trois traitements sont consignés dans le tableau 4. Le nombre moyen de plantules levées a varié de 2,6 pour les semences non enrobées à 4,8 pour les semences enrobées avec *T. harzianum*.

Les semences enrobées avec l'argile simple ont enregistré 3 plantules levées. L'enrobage des semences avec les conidies de *T. harzianum* a permis d'améliorer significativement le nombre de plantules levés, la longueur des plantes et des racines et la biomasse totale fraîche par rapport aux grains non enrobés. Le traitement n'a toutefois pas permis d'accroître significativement le nombre de feuilles formées (Tableau 4). L'enrobage des semences avec l'argile uniquement n'a pas modifié significativement les paramètres mesurés comparés aux semences non enrobées (Tableau 4).

**Tableau 4.** Paramètres de croissance des plantules de la variété Barka

Traitements	Paramètres de croissance				
	NPL	LP (cm)	LR (cm)	NFF	PP (g)
Grains non enrobés	2,6 <sup>a</sup>	98,06 <sup>a</sup>	39,77 <sup>a</sup>	7,44 <sup>a</sup>	28,40 <sup>a</sup>
Grains enrobés - <i>Trichoderma</i>	3,0 <sup>a</sup>	105,72 <sup>a</sup>	43,03 <sup>a</sup>	7,52 <sup>a</sup>	33,26 <sup>a</sup>
Grains enrobés + <i>Trichoderma</i>	4,8 <sup>b</sup>	131,09 <sup>b</sup>	67,73 <sup>b</sup>	7,88 <sup>a</sup>	51,91 <sup>b</sup>
<b>F. values</b>	<b>20,6</b>	<b>19,2</b>	<b>33,1</b>	<b>01,9</b>	<b>34,4</b>
<b>Statistiques</b>	<b>P. values</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,19</b>
	<b>Signification</b>	<b>HS</b>	<b>HS</b>	<b>HS</b>	<b>NS</b>

**NPL** : nombre de plantules levées ; **LP** : longueur des plantes ; **LR** : longueur des racines ; **NFF** : nombre de feuilles formées ; **PP** : poids du plant ; **HS** : Hautement significatif ; **NS** : non significatif. Les chiffres dans une même colonne et pour une même variété, affectés de la (des) même(s) lettre(s) alphabétique(s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student Newman Keuls).

### Au niveau de la variété Bondofa

Les résultats sur l'émergence des plantules, la longueur des plantes, la longueur des racines, le nombre de feuilles formées et la biomasse fraîche totale de la variété Bondofa en fonction des trois traitements sont consignés dans le tableau 5. Le nombre moyen de plantules levées a varié de 2,8 pour les semences non enrobées à 4,4 pour les semences enrobées avec *T. harzianum*. Les semences enrobées avec l'argile simple ont enregistré 3,2 plantules levées (Tableau 5). A l'exception du nombre de feuilles formées, l'enrobage des semences au *Trichoderma* a permis d'accroître l'ensemble des paramètres mesurés par rapport aux témoins sans *Trichoderma* (Tableau 5). L'enrobage des semences avec l'argile uniquement a présenté des chiffres plus élevés pour tous les paramètres mais les différences avec ceux des semences non enrobées n'ont pas été significatives.

**Tableau 5.** Paramètres de croissance des plantules de la variété Bondofa

Traitements	Paramètres de croissance					
	NPL	LP (cm)	LR (cm)	NFF	PP (g)	
Grains non enrobés	2,8 <sup>a</sup>	92,38 <sup>a</sup>	31,06 <sup>a</sup>	7,3 <sup>a</sup>	24,63 <sup>a</sup>	
Grains enrobés - <i>Trichoderma</i>	3,2 <sup>a</sup>	106,16 <sup>a</sup>	31,97 <sup>a</sup>	7,7 <sup>a</sup>	32,04 <sup>a</sup>	
Grains enrobés + <i>Trichoderma</i>	4,4 <sup>b</sup>	128,45 <sup>b</sup>	60,75 <sup>b</sup>	8,1 <sup>a</sup>	73,10 <sup>b</sup>	
<b>F. values</b>	<b>14,9</b>	<b>12,1</b>	<b>80,9</b>	<b>1,7</b>	<b>64,6</b>	
<b>Statistiques</b>	<b>P. values</b>	<b>0,00</b>	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>	<b>0,24</b>	<b>0,001</b>
	<b>Signification</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>HS</b>	<b>NS</b>	<b>S</b>

**NPL** : nombre de plantules levées ; **LP** : longueur des plantes ; **LR** : longueur des racines ; **NFF** : nombre de feuilles formées ; **PP** : poids du plant ; **HS** : Hautement significatif ; **NS** : non significatif. Les chiffres dans une même colonne et pour une même variété, affectés de la (des) même(s) lettre(s) alphabétique(s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student Newman Keuls).

### Au niveau de la variété Espoir

Le tableau 6 présente les résultats des paramètres de croissance des plantes issues des semences non enrobées, celles enrobées avec l'argile uniquement et celles enrobées avec l'argile en présence des conidies de *T. harzianum*. Selon ce tableau le nombre de plantules levées est compris entre 2,8 pour les semences enrobées avec l'argile seule et 5 pour les semences enrobées à l'argile en présence du *Trichoderma*. L'émergence des plantules, la longueur totale des plantes et des racines ont été significativement améliorées par rapport aux semences n'ayant pas reçu le *Trichoderma* (Tableau 6). Au niveau des racines, les plantes issues des semences enrobées avec l'argile uniquement ont présenté des longueurs significativement plus grandes que celles issues des semences non enrobées (Tableau 6). Au niveau du nombre de feuille formées et de la biomasse fraîche, l'analyse statistique n'a pas décelé de différence significative entre les différents traitements (Tableau 6).

**Tableau 6.** Paramètres de croissance des plantules de la variété Espoir

Traitements	Paramètres de croissance					
	NPL	LP (cm)	LR (cm)	NFF	PP (g)	
Grains non enrobés	3,4 <sup>a</sup>	99,95 <sup>a</sup>	42,10 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	21,25 <sup>a</sup>	
Grains enrobés - <i>Trichoderma</i>	2,8 <sup>a</sup>	100,93 <sup>a</sup>	47,00 <sup>b</sup>	7,4 <sup>a</sup>	24,95 <sup>a</sup>	
Grains enrobés + <i>Trichoderma</i>	5,0 <sup>b</sup>	119,30 <sup>b</sup>	53,25 <sup>c</sup>	7,6 <sup>a</sup>	37,69 <sup>a</sup>	
<b>F. values</b>	<b>19,4</b>	<b>29,6</b>	<b>17,1</b>	<b>2,1</b>	<b>16,8</b>	
<b>Statistiques</b>	<b>P. values</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,16</b>	<b>0,00</b>
	<b>Signification</b>	<b>HS</b>	<b>HS</b>	<b>HS</b>	<b>NS</b>	<b>HS</b>

**NPL** : nombre de plantules levées ; **LP** : longueur des plantes ; **LR** : longueur des racines ; **NFF** : nombre de feuilles formées ; **PP** : poids du plant ; **HS** : Hautement significatif ; **NS** : non significatif. Les chiffres dans une même colonne et pour une même variété, affectés de la (des) même(s) lettre(s) alphabétique(s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student Newman Keuls).

### Au niveau de la variété Komsaya

L'émergence des plantules, la longueur des plantes et des racines, le nombre de feuilles formées et la biomasse fraîche de la variété Komsaya sont consignés dans le tableau 7. Selon ce tableau, le nombre de feuilles formées ainsi que le nombre de plantules levées n'ont pas été significativement différents selon les différents traitements (Tableau 7).

**Tableau 7.** Paramètres de croissance des plantules de la variété Komsaya

Traitements	Paramètres de croissance					
	NPL	LP (cm)	LR (cm)	NFF	PP (g)	
Grains non enrobés	3,6 <sup>a</sup>	97,52 <sup>a</sup>	38,83 <sup>a</sup>	7,6 <sup>a</sup>	28,01 <sup>a</sup>	
Grains enrobés - <i>Trichoderma</i>	3,6 <sup>a</sup>	106,98 <sup>a</sup>	43,95 <sup>a</sup>	7,7 <sup>a</sup>	30,56 <sup>a</sup>	
Grains enrobés + <i>Trichoderma</i>	4,6 <sup>a</sup>	131,94 <sup>b</sup>	63,79 <sup>b</sup>	8,0 <sup>a</sup>	45,80 <sup>b</sup>	
<b>F. values</b>	<b>2,1</b>	<b>13,8</b>	<b>35,4</b>	<b>0,6</b>	<b>9,6</b>	
<b>Statistiques</b>	<b>P. values</b>	<b>0,16</b>	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>	<b>0,58</b>	<b>0,003</b>
	<b>Signification</b>	<b>NS</b>	<b>S</b>	<b>HS</b>	<b>NS</b>	<b>S</b>

**NPL** : nombre de plantules levées ; **LP** : longueur des plantes ; **LR** : longueur des racines ; **NFF** : nombre de feuilles formées ; **PP** : poids du plant ; **HS** : Hautement significatif ; **NS** : non significatif. Les chiffres dans une même colonne et pour une même variété, affectés de la (des) même(s) lettre(s) alphabétique(s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student Newman Keuls).

### Au niveau de la variété SR21

Les résultats sur l'émergence des plantules, la longueur des plantes, la longueur des racines, le nombre de feuilles formées et la biomasse fraîche totale de la variété SR21 en fonction des trois traitements sont consignés dans le tableau 8. Le nombre moyen de plantules levées a varié de 3,2 pour les semences non enrobées à 5,0 pour les semences enrobées avec *T. harzianum*. Les semences enrobées avec l'argile simple ont enregistré 3 plantules levées. (Tableau 8). L'enrobage des semences avec les conidies de *T. harzianum* a permis d'améliorer significativement le nombre de plantules levés, la longueur des plantes et des racines et la biomasse totale fraîche par rapport aux grains non enrobées (Tableau 8). L'analyse statistique n'a pas révélé de différence significative entre les traitements au niveau du nombre de feuilles formées (Tableau 8). L'enrobage des semences avec l'argile uniquement n'a pas modifié significativement les paramètres mesurés comparés aux semences non enrobées (Tableau 8).

**Tableau 8.** Paramètres de croissance des plantules de la variété SR21

Traitements	Paramètres de croissance					
	NPL	LP (cm)	LR (cm)	NFF	PP (g)	
Grains non enrobés	3,2 <sup>a</sup>	100,57 <sup>a</sup>	36,19 <sup>a</sup>	7,5 <sup>a</sup>	26,61 <sup>a</sup>	
Grains enrobés - <i>Trichoderma</i>	3,4 <sup>a</sup>	103,52 <sup>a</sup>	43,48 <sup>a</sup>	7,6 <sup>a</sup>	27,82 <sup>a</sup>	
Grains enrobés + <i>Trichoderma</i>	5,0 <sup>b</sup>	130,92 <sup>b</sup>	59,78 <sup>b</sup>	7,8 <sup>a</sup>	44,14 <sup>b</sup>	
<b>F. values</b>	<b>29,2</b>	<b>7,3</b>	<b>18,6</b>	<b>0,7</b>	<b>9,2</b>	
Statistiques	<b>P. values</b>	<b>0,00</b>	<b>0,008</b>	<b>0,000</b>	<b>0,56</b>	<b>0,004</b>
	<b>Signification</b>	<b>HS</b>	<b>S</b>	<b>HS</b>	<b>NS</b>	<b>S</b>

**NPL** : nombre de plantules levées ; **LP** : longueur des plantes ; **LR** : longueur des racines ; **NFF** : nombre de feuilles formées ; **PP** : poids du plant ; **HS** : Hautement significatif ; **NS** : non significatif. Les chiffres dans une même colonne et pour une même variété, affectés de la (des) même(s) lettre(s) alphabétique(s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student Newman Keuls).

### Au niveau de la variété Wari

Le tableau 9 présente les résultats des paramètres de croissance des plantes issues des semences non enrobées, celles enrobées avec l'argile uniquement et celles enrobées avec l'argile en présence des conidies de *T. harzianum*. Selon ce tableau le nombre de plantules levées est compris entre 3,4 pour les semences non enrobées et 5 pour les semences enrobées à l'argile en présence du *Trichoderma*. L'émergence des plantules, la longueur totale des plantes et des racines et la biomasse fraîche ont été significativement améliorés par rapport aux semences n'ayant pas reçu le *Trichoderma* (Tableau 9). Au niveau de la levée, les plantes issues des semences enrobées avec l'argile uniquement ont présenté une levée de plantules significativement supérieure à la levée de celles issues des semences non enrobées (Tableau 9). Au niveau du nombre de feuille formées, l'analyse statistique n'a pas décelé de différence significative entre les différents traitements (Tableau 9).

**Tableau 9.** Paramètres de croissance des plantules de la variété WARI

Traitements	Paramètres de croissance					
	NPL	LP (cm)	LR (cm)	NFF	PP (g)	
Grains non enrobés	3,4 <sup>a</sup>	93,71 <sup>a</sup>	41,82 <sup>a</sup>	7,5 <sup>a</sup>	29,20 <sup>a</sup>	
Grains enrobés - <i>Trichoderma</i>	3,8 <sup>ab</sup>	96,08 <sup>a</sup>	43,68 <sup>a</sup>	7,6 <sup>a</sup>	29,27 <sup>a</sup>	
Grains enrobés + <i>Trichoderma</i>	4,6 <sup>b</sup>	124,50 <sup>b</sup>	59,62 <sup>b</sup>	7,8 <sup>a</sup>	48,60 <sup>b</sup>	
<b>F. values</b>	<b>4,3</b>	<b>12,3</b>	<b>12,6</b>	<b>0,6</b>	<b>16,1</b>	
Statistiques	<b>P. values</b>	<b>0,01</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,56</b>	<b>0,000</b>
	<b>Signification</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>S</b>	<b>NS</b>	<b>HS</b>

**NPL** : nombre de plantules levées ; **LP** : longueur des plantes ; **LR** : longueur des racines ; **NFF** : nombre de feuilles formées ; **PP** : poids du plant ; **HS** : Hautement significatif ; **NS** : non significatif. Les chiffres dans une même colonne et pour une même variété, affectés de la (des) même(s) lettre(s) alphabétique(s) ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% (Test de Student Newman Keuls).

## Discussion

L'analyse sanitaire des semences des différents échantillons a permis d'identifier quatre (04) principales espèces de moisissures dans les semences de maïs qui sont, par ordre d'importance, *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus niger*, *A. flavus* et *Penicillium sp.* Ces résultats sont en accord avec ceux de Ishrat & Shahnaz, (2009) au Pakistan et ceux de Dao (2013) qui a identifié majoritairement ces mêmes espèces fongiques dans des échantillons de semences de maïs issues du milieu paysan Burkinabè. Ils corroborent également avec les travaux de Compaoré et al. (2021b) qui a rapporté que les genres *Aspergillus*, *Fusarium* et *Penicillium* sont toujours les plus fréquents et les plus abondants dans les semences de maïs au Burkina.

*Fusarium verticillioides* a été le plus important des champignons rencontrés dans les semences à des taux d'infection compris entre 51,5 et 89,5%. Ce résultat est également en accord avec ceux obtenus par Dao (2013) qui a montré la présence de *Fusarium verticillioides* sur cent seize (116) échantillons de maïs analysés avec un taux d'infection variant entre 20 et 66,7%. *Fusarium verticillioides* est connue comme un champignon responsable de la pourriture des semences et de l'épi du maïs (Moss, 2009). Ce champignon sécrète également des mycotoxines comme la fumonisine et la moniliformine dont l'absorption élevée provoque de graves problèmes de santé humaine (Pitt, 2014 ; Chavez Hernandez, 2014). Cette présence élevée de *F. verticillioides* dans les échantillons de semences de maïs constitue donc un risque élevé pour les producteurs et les consommateurs de maïs du Burkina Faso.

*Aspergillus niger* est un champignon couramment rencontré dans les semences d'oignon entraînant une réduction de la germination des graines (Nagerabi et abdalla, 2004 ; Dabiré et al., 2021). Les conditions chaudes et humides favoriseraient la croissance et l'infectiosité de *A. niger* (Nagerabi et abdalla, 2004 ; Dabiré et al., 2021). La présence de ce champignon dans les semences de maïs au Burkina Faso pourrait expliquer en partie l'apparition de la fonte des semis et des retards de croissance des plantes de maïs au champ. *Aspergillus niger* produirait également de l'Ochratoxine A ayant des propriétés cancérigènes et néphrotoxiques (Moss, 2009).

*Aspergillus flavus* a été très fréquent dans les semences à des taux d'infection non négligeables. Ce résultat corrobore avec celui de Compaoré et al. (2021b) qui a obtenu 23 isolats de *A. flavus* dans un cortège de champignons isolés sur des grains de maïs au Burkina Faso. *A. flavus* est particulièrement dangereux sur les semences car il produit plusieurs types d'aflatoxines à des taux pouvant atteindre 70,73µg/kg (Compaoré et al., 2021b).

Ces trois espèces fongiques doivent faire l'objet d'un contrôle adéquat qui soit efficace, durable et accessible aux petits producteurs. Les

résultats de l'action antagoniste *in vitro* révèlent que la souche locale de *T. harzianum* du Burkina Faso possède un pouvoir inhibiteur sur la croissance mycélienne de *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus niger* et *Aspergillus flavus* avec des coefficients d'antagonismes tous supérieurs à 0,6. Ce résultat confirme l'action antagoniste de cette souche qui a été testée dans les mêmes conditions contre *A. niger*, *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani* isolées sur l'oignon (Dabiré et al., 2016b). Ces résultats vont également dans le même sens que ceux de Malathi et Mohan (2011) qui ont montré que *T. harzianum* possède un fort pouvoir d'inhibition contre *F. oxysporum f.sp cepae* (82,77 %). L'antagonisme de *Trichoderma* sur les autres espèces fongiques résulterait de la production de métabolites toxiques (antibiose), de l'utilisation plus rapide des nutriments du milieu (compétition) et de sa capacité à séquestrer et détruire les parois cellulaires des autres champignons (mycoparasitisme) (Caron, 2002 ; Bekkar, 2016). Le challenge réside dans la rencontre entre l'antagoniste et le pathogène en conditions réelles. C'est ainsi que les semences de maïs portant déjà les espèces de moisissures ont été enrobées avec la solution argileuse contenant les conidies de *T. harzianum*.

L'enrobage des semences de maïs avec les conidies de *T. harzianum* a permis d'améliorer le nombre de plants levés de 5 échantillons sur les 6 testés par rapport aux semences non traitées. Les longueurs des plantes et des racines ont été significativement plus élevées que celles des plantes issues des semences non enrobées. Ces résultats sont conformes à ceux de Gasoni et al. (2008) qui ont observé une amélioration du nombre de plantules et du poids frais de la betterave de table en semant des graines de betterave enrobées d'un isolat de *T. harzianum*. Des enrobages bioplastiques de grains de maïs utilisant des conidies de *T. harzianum* ont permis de stimuler la germination, l'émergence et la croissance des plantules (Accinelli et al., 2016). La levée et la croissance du haricot ont également été améliorés en enrobant leurs semences avec des spores de *T. harzianum* (Hoyos-carvajal et al., 2009). Hibar et al. (2007) ont montré que l'apport de cet antagoniste au substrat de culture utilisé pour l'élevage des plants de tomate a empêché l'expression de *F. oxysporum f. sp. radialis-lycopersici* et par conséquent a fortement réduit l'incidence des fontes de semis et le développement de la fusariose tout en améliorant la croissance des plants de tomate. Suite à des travaux en serre, Carvalho et al. (2014) ont montré que la suspension conidienne de *T. harzianum* utilisée dans le traitement des semences de haricot commun a permis de réduire considérablement la fonte des semis causée par *F. oxysporum f. sp. phaseoli* et améliorerait la germination des graines. Plus récemment en Argentine, l'épandage de suspensions à base de *T. harzianum* a permis de mieux protéger et d'accroître la production de la tomate et du blé (Monaco, 2021). L'enrobage de semences de blé avec *T. harzianum* et leur développement sur substrat inoculé avec *Fusarium graminearum* a favorisé

significativement l'émergence des plantules, la hauteur des plantes et le poids sec (Dal Bello, 2002).

Selon des auteurs, les propriétés de promotion de la croissance végétale par *Trichoderma harzianum* résultent de la production d'hormones de croissance comme l'acide indole-3-acétique, l'indole-3-acétaldéhyde et l'indole-3-éthanol, qui affectent les paramètres de croissance des plantes (Contreras-Cornejo et al., 2009), la conversion des phosphates insolubles en phosphate directement utilisable par les plantes (Hoyos-carvajal et al., 2009) et la stimulation des plantes à synthétiser des phytoalexines, des protéines PR et d'autres composés (Ortega-Garcia et al., 2015).

L'expression de toutes ces propriétés d'antagonisme et de promotion de la croissance végétale par les espèces de *Trichoderma* est toutefois dépendante de certaines conditions environnementales qui sont à considérer dans la mise en œuvre de la technologie (Yedidia, 2001).

## Conclusion

La présence des espèces de moisissures sur les grains de maïs affecte la valeur culturale du grain lorsqu'il est utilisé comme semence et sa valeur nutritive lorsqu'il entre dans l'alimentation humaine et animale. Trouver une solution aux moisissures des grains de maïs permettrait une bonne relance de cette filière agricole au Burkina et une réduction importante de l'exposition des populations aux mycotoxines. L'objectif de la présente étude a été d'identifier les principales espèces fongiques associées aux semences de maïs et d'évaluer l'action antagoniste d'une souche locale de *Trichoderma* contre ces espèces d'abord *in vitro* puis par évaluation de la levée et de la croissance des plantules issues de semences enrobées avec les conidies du *Trichoderma* en utilisant de l'argile comme liant.

L'étude a ainsi permis d'identifier *Fusarium verticillioides*, *Aspergillus niger* et *A. flavus* comme étant les principales espèces de moisissures présentes dans les grains de maïs produits au Burkina Faso. Ces espèces sont connues comme responsables de fontes de semis, de retard de croissance des plantules et comme productrices de mycotoxines dont la consommation est dangereuse pour la santé humaine et animale. La croissance *in vitro* de ces espèces a été inhibée à plus de 50% par une souche locale de *Trichoderma harzianum* qui a, par ailleurs, permis d'améliorer significativement la levée et la croissance des plantules de maïs obtenues de semences enrobées avec ses conidies.

Ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes dans la recherche d'une solution durable et écologique aux problèmes parasitaires fongiques provenant des semences et/ou du sol. En attendant de confirmer les propriétés de cette souche de *Trichoderma* à grande échelle, il convient d'évaluer l'effet des conditions environnementales sur son action et de

rechercher une méthode efficace pour sa conservation et sa multiplication en masse pour usage à grande échelle.

**Conflits d'intérêts:** Les auteurs déclarent qu'il n'existe aucun conflit d'intérêt.

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

**Remerciements:** Les auteurs adressent leurs remerciements au personnel du Laboratoire Sy.N.A.I.E de l'Université Nazi Boni, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso et au Programme PRD de l'ARES-Belgique pour le financement des activités.

### References:

1. Accinelli, C., Abbas, H.K., Little, N.S., Kotowicz, J.K., Mencarelli, M., & Shier, W.T. (2016). A liquid bioplastic formulation for film coating of agronomics seeds. *Crop protection*, 89, 123-128. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.07.010>
2. Bambara, A. (2021). Characterization of *Bacillus* sp. strains with antifungal activities against *Aspergillus* section *Flavi* contaminating maize. [Mémoire de Master non publié], Université Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso.
3. Bekkar, A.A. (2016). Pouvoir antagoniste et mode d'action de *Trichoderma* vis-à-vis de quelques champignons phytopathogènes [Thèse de Doctorat, Université Mustapha Stambouli Mascara, Algérie], <http://www.secheresse.info/spip.php?article79994>
4. Bonzi, S., Somda, I., Zida, E., Sereme, P., & Adam, T. (2012). Effect of plant aqueous extract of *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf. on seed germination and its efficacy in controlling *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema Dorenbosch and Van Kesteren transmission from naturally infected seed to sorghum plant organs and grains in field. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45 (20), 2429-2436. <http://dx.doi.org/10.1080/03235408.2012.728056>
5. Bonzi, S., Somda, I., Sereme, P., & Adam T. (2013). Efficacy of essential oil of *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf. *Lippia multiflora* Moldenke and hot water in the control of seed-borne fungi *Phoma sorghina* and effects on *Sorghum bicolor* (L.) Moench seed germination and plants development in Burkina Faso. *Net Journal of Agricultural Science*, 1(4), 111-115. [http://www.netjournals.org/agricsci\\_vol1\\_4.html](http://www.netjournals.org/agricsci_vol1_4.html)

6. Caron, J., Laverdière, L., Thibodeau, P.O., & Bélanger, R.R. (2002). Utilisation d'une souche indigène de *Trichoderma harzianum* contre cinq agents pathogènes chez le concombre et la tomate de serre au Québec. *Phytoprotection*, 83, 73-87. <https://doi.org/10.7202/706230ar>
7. Carvalho, D.D.C., Junior, M.L., Martins, I., Inglis, P.W., & Mello, S.C.M. (2014). Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. phaseoli by *Trichoderma harzianum* and its use for common bean seed treatment. *Tropical Plant Pathology*, 39(5), 384-391. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762014000500005>
8. Chaves Hernández, A.J. (2014). Poultry and Avian Diseases, Editor(s): Neal K. Van Alfen, Encyclopedia of Agriculture and Food Systems, Academic Press, Pages 504-520. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00183-2>
9. Compaoré, H., Samandougou, S., Tapsoba F. W., Bambara A., Ratongue H., Sawadogo I., Kaboré, D., Ouattara-Sourabié, P. B., & Sawadogo-Lingani H. (2021a). Aflatoxigenic potential of *Aspergillus* section *Flavi* isolated from maize seeds, in Burkina Faso. *African Journal of Microbiology Research*, 15(8), 420-428. DOI: 10.5897/AJMR2021.9553
10. Compaoré, H., Samandougou, S., Ware, L. Y., Bambara A., Ratongue H., Sawadogo I., & Sawadogo-Lingani H. (2021b). Identification of *Aspergillus* section *Flavi* and *Fumigati* in maize grown in Burkina Faso. *International Journal of Biosciences*, 18(6), 25-36. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/18.6.25-36>
11. Contreras-Cornejo, H.A., Macias-Rodriguez, L., Corte´s-Penagos, C., & Lopez-Bucio, J. (2009). *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 149, 1579-1592. <https://doi.org/10.1104/pp.108.130369>
12. Dabiré, T.G., Bonzi, S., Somda, I. and Legrève, A., (2016). Evaluation of the potential of *Trichoderma harzianum* as a plant growth promoter and biocontrol agent against *Fusarium damping-off* in onion in Burkina Faso. *Asian Journal of plant pathology*, 10, 49-60. URL: <https://scialert.net/abstract/?doi=ajppaj.2016.49.60>
13. Dabiré, T.G., Bonzi, S., Somda, I., & Legrève, A. (2016c). Evaluation in vitro de l'action antagoniste d'isolats de *Trichoderma harzianum* contre trois espèces fongiques pathogènes de l'oignon au Burkina Faso. *Tropicultura*, 34(3), 313-322. <http://www.tropicultura.org/text/v34n3/313.pdf>
14. Dabiré, T.G., Neya B.F., S., Somda, I., & Legrève, A. (2021). Pathogenicity study of some seed-borne fungi of onion (*Allium cepa* L.) from Burkina Faso. *International Journal of Biological and*

- Chemical Sciences*, 15(3), 1062-1072.  
<https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i3.17>
15. Dal Bello, G.M., Monaco, C.I. & Simon, M.R. (2002). Biological control of seedling blight of wheat caused by *Fusarium graminearum* with beneficial rhizosphere microorganisms. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 18, 627–636.  
<https://doi.org/10.1023/A:1016898020810>
  16. Dao K. (2013). Etude de la variabilité de *Fusarium verticillioides* (Sacc.). Nirenberg isolé des semences paysannes de maïs au Burkina Faso et recherche de méthodes de lutte alternatives basées sur les extraits de plantes *in vitro*. [Mémoire d'Ingénieur non publié], Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
  17. Gary, J.S., & Hebbar, P.K. (2015). *Trichoderma*. Identification and agricultural applications. The American Phytopathological Society press. 3340 Pilot Knob Road. St Paul, Minnesota 55121 USA. Library of Congress Control number: 2015908956. International Standard book n°: 978-0-89054-484-6.
  18. Gasoni, L., Kahn, N., Yossen, V., Cozzi, J., Kobayashi, K., Babbitt, S., Barrera, V., & Zumelzu, G. (2008). Effect of soil solarization and biocontrol agents on plant stand and yield on table beet in Cordoba (Argentina). *Crop Protection*, 27(3-5), 337-342.  
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.06.004>
  19. Gautam, S.S., Kanchan, K., & Satsangi, G.P. (2015). Effect of *Trichoderma* species on germination and growth of Mungbean (*Vigna radiata* L.) and its antagonistic effect against fungal pathogens. *International Journal of Advanced Research*, 3 (2), 153-158.  
<https://ustboniface.libguides.com/citer/apa7#Article%20de%20p%C3%A9riodique>
  20. Hibar K., Daami-remadi, M., & Mahjoub, M. (2007). Induction of Resistance in Tomato Plants against *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-slycopersici* by *Trichoderma* spp. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 2, 47-58.  
[https://www.researchgate.net/publication/284079077\\_Induction\\_of\\_resistance\\_in\\_tomato\\_plants\\_against\\_Fusarium\\_oxysporum\\_fsp\\_radicis\\_slycopersici\\_by\\_Trichoderma\\_spp](https://www.researchgate.net/publication/284079077_Induction_of_resistance_in_tomato_plants_against_Fusarium_oxysporum_fsp_radicis_slycopersici_by_Trichoderma_spp)
  21. Hoyos-Carvaja, L., Orduz, S., & Bissett, J.D. (2009). Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. *Biological Control*, 51(3), 409-416.  
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.07.018>
  22. Ishrat N., & Shahnaz D. (2009). Detection of seed borne mycoflora in maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of botany*, 41(1), 443-451.

- <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093118623>
23. Malathi, S., & Mohan, S. (2011). Evaluation of biocontrol agents and organic amendments against onion basal rot caused by *Fusarium oxysporum* f.sp.cepae. *Madras Agricultural Journal*, 98, (10-12), 382-385. <https://www.amazon.com/Biological-control-onion-basal-disease/dp/3659144266>
  24. Mathur, S.B., & Kongsdal, O. (2003). Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi, 1st Ed. Kandrups Bogtrkkeri Publication, Denmark.
  25. Meraj-ul-Haque and Nandkar P.B. (2012). Antagonistic effect of rhizospheric *Trichoderma* isolates against tomato damping-off pathogen, *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici, *International Journal of Research in BioSciences (IJRBS)*, 1(2), 27-31. <http://www.ijrbs.in/index.php/ijrbs/article/view/51>
  26. Ministère de l'Agriculture et Aménagements Hydro-agricoles / Direction Générale des Etudes et des Statistiques Sectorielles (MAAH/DGESS). (2020). Annuaire des statistiques agricoles 2020. 437 p. (Pages 152, 305 & 322). [https://www.agriculture.bf/upload/docs/application/pdf/2021-07/annuaire\\_agriculture\\_2020\\_def.pdf](https://www.agriculture.bf/upload/docs/application/pdf/2021-07/annuaire_agriculture_2020_def.pdf)
  27. Monaco, C. (2021). Biocontrol of fungal plant diseases by *Trichoderma* sp strains, as an alternative for sustainable production. Some trials with good results in Argentina. *Academics Letters, Article 4342*. <https://doi.org/10.20935/AL4342>
  28. Moss, M. (2009). Toxigenic fungi, Editor(s): Clive de W. Blackburn, Peter J. McClure, In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Foodborne Pathogens (Second Edition), Woodhead Publishing, Pages 1042-1059, <https://doi.org/10.1533/9781845696337.3.1042>.
  29. Nagerabi, S.A.F. & Abdalla, R.M. (2004). Survey of seed borne fungi of Sudanese variétés of onion, with new records, *Phytoparasitica*, 32(4), 413-416. <https://doi.org/10.1007/BF02979854>
  30. Ortega-Garcia, J.G., Montes-Belmont, R., Rodriguez-Monroy, M., Ramirez-Trujillo, J.A., & Suarez-Rodriguez, R. (2015). Effect of *Trichoderma asperellum* applications and mineral fertilization on growth promotion and the content of phenolic compounds and flavonoids in onions. *Scientia Horticulturae*, 195, 8-16. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.027>
  31. Pitt, J.I. (2014). Mycotoxins: Fumonisin, Editor(s): Yasmine Motarjemi, Encyclopedia of Food Safety, Academic Press, 2014, Pages 299-303, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00192-X>

32. Son, D., Zerbo, K.B.F., Bonzi, S., Legreve, A., Somda, I., & Schiffers B. (2018). Assessment of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Producers Exposure Level to Pesticides, in Kouka and Toussiana (Burkina Faso). *International Journal of Environmental Research. And Public Health*, 15(2), 204, <https://doi.org/10.3390/ijerph15020204>
33. Velivelli, S.L.S., De Vos, P., Kromann, P., Declerck, S., & Prestwich, B.D. (2014). Biological control agents: from field to market, problems, and challenges. *Trends in Biotechnology*, 32(10), 493-496. DOI: 10.1016/j.tibtech.2014.07.002
34. Yedidia, I., Shrivasta, A.K., Kapulnik, Y., & Chet, I. (2001). Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentration and increased growth of cucumber plants. *Plant and Soil*, 235, 235–242. <https://doi.org/10.1023/A:1011990013955>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Perception et Prédiction future des Changements Climatiques par les Agriculteurs de Materi et Leurs Impacts sur la Production Agricole**

***Alain Oloni Agani***

Economie rurale, Agroéconomie et Gestion, Ecole doctorale des Sciences  
Agronomiques et de l'Eau, Université Nationale d'Agriculture, Bénin

***Gauthier Biaou***

Département d'Economie et de Socio-Anthropologie, Faculté des Sciences  
Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi et Université Nationale  
d'Agriculture, Bénin

***Anne Floquet***

Laboratoire d'Analyse des dynamiques sociales et du Développement,  
Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

***Afio Zannou***

Département d'Economie et de Socio-Anthropologie, Faculté des Sciences  
Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

***Laurent G. Houessou***

Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p111](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p111)

Submitted: 29 March 2023

Accepted: 18 August 2023

Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Agani A.O., Biaou G., Floquet A., Zannou A. & Houessou L.G. (2023). *Perception et Prédiction future des Changements Climatiques par les Agriculteurs de Materi et Leurs Impacts sur la Production Agricole*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 111.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p111>

### **Résumé**

L'agriculture béninoise à l'instar de celle de la plupart des autres pays du monde subit les effets néfastes des changements climatiques. Dans le but d'apprécier le niveau de perception et de prédiction future des changements climatiques par les ménages agricoles dans la commune de Materi et leurs impacts sur leurs activités que la présente recherche a été entreprise. Elle s'est basée sur un échantillon de 383 ménages agricoles où des données quantitatives et qualitatives ont été collectées. Plusieurs techniques dont les focus groupes, les entretiens et observations ont été combinés. Les données

météorologiques, sociodémographiques et de perceptions qui en sont issues sont analysées à partir des statistiques descriptives, des cartes factorielles, des tests de chi<sup>2</sup> et les courbes de tendance avec le logiciel R. Les variations des précipitations et des températures sont perçues par les agriculteurs et confirmées par les données météorologiques en matière de changements climatiques. La disparition de certaines espèces animales et/ou végétales est signalée par endroits. L'impact des changements climatiques se traduit par la baisse des rendements et l'amenuisement des revenus des communautés rurales. Les agriculteurs font également des projections du climat futur et de son impact sur leurs activités. Les résultats de ces prédictions de l'état du climat par les agriculteurs sont confortés par ceux des modèles des scientifiques. Cette capacité des producteurs agricoles à se projeter dans le climat futur est très peu abordée dans la littérature. Plusieurs cultures sont concernées par la présente étude. Les recherches postérieures doivent spécifier les cultures et approfondir les projections climatiques faites par les agriculteurs afin de valider les savoirs locaux, leur contribution dans la lutte contre les changements climatiques et une amélioration de leur résilience.

---

**Mots-clés:** Changements climatiques, futur, perception, pluviométrie, température

---

## **Perception and Future Prediction of Climate Change by Materi Farmers and Its Impacts on Agricultural Production**

***Alain Oloni Agani***

Economie rurale, Agroéconomie et Gestion, Ecole doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau, Université Nationale d'Agriculture, Bénin

***Gauthier Biaou***

Département d'Economie et de Socio-Anthropologie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi et Université Nationale d'Agriculture, Bénin

***Anne Floquet***

Laboratoire d'Analyse des dynamiques sociales et du Développement, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

***Afio Zannou***

Département d'Economie et de Socio-Anthropologie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

***Laurent G. Houessou***

Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

---

### **Abstract**

Benin's agriculture, like that of most other countries in the world, is suffering the adverse effects of climate change. This research focuses on the perception and future prediction of climate change by agricultural households in the municipality of Matéri and their impacts on their activities. The research was based on a sample of 383 farming households, from which quantitative and qualitative data were collected. Several techniques were combined, including focus groups, interviews and observations. Meteorological, sociodemographic and perception data were analyzed using descriptive statistics, factorial maps, chi<sup>2</sup> tests and trend curves with R software. Variations in rainfall and temperature are perceived by producers and confirmed by meteorological data in terms of climate change. The disappearance of certain animal and/or plant species is reported in some places. The impact of climate change is reflected in lower yields and reduced income for rural communities. Farmers also make projections of the future climate and its impact on their activities. The results of these climate predictions by farmers are supported by those of scientific models. The ability of agricultural producers to project future climate conditions has received very little attention in the literature. Several crops are concerned by the present study. Subsequent research will need to specify the crops and examine in greater depth the climate projections made by farmers, in order to validate

local knowledge, their contribution to the fight against climate change and improving their resilience.

---

**Keywords:** Climate change, future, perception, rainfall, temperature

## **Introduction**

Les changements climatiques constituent l'un des fléaux auquel l'humanité tout entière fait face de plus en plus. Ils constituent l'une des préoccupations tant pour les scientifiques que pour les décideurs politiques (Niang 2009). Tous les secteurs de la vie socio-économique sont concernés. De nos jours, ils sont considérés comme la plus grave menace environnementale à laquelle les agriculteurs sont confrontés (Agbo 2013).

L'agriculture constitue l'une des principales activités vitales pour la planète fournissant nourriture et emploi à plusieurs personnes. Cependant, c'est une activité qui est à la fois coupable et victime des changements climatiques. En effet, elle contribue à l'émission des Gaz à Effet de Serre, tout en subissant ses effets néfastes (Agovino et al. 2019). Selon Arnell et al. (2019) une augmentation de la température de 4°C par rapport aux niveaux préindustriels, accroît le risque de dommage de 5 à 50 % au niveau du maïs et de 27 à 46 % pour le riz. Cela pourrait être également dommageable pour les autres cultures et augmenter le risque de famine pour les pays en voie de développement tels que le Bénin.

Au Bénin, l'agriculture occupant environ 70 % de la population active, contribue pour près de 36 % au Produit Intérieur Brut (PIB) et fournit entre 75 à 90 % des recettes d'exportation (Bénin 2019). Malheureusement ce secteur est victime des effets néfastes des changements climatiques (Yabi and Afouda 2012) car il s'agit d'une agriculture quasi pluviale.

Conscients de leur situation de vulnérabilité aux effets néfastes des changements climatiques, les agriculteurs ont toujours cherché des solutions pour améliorer leur résilience et mieux s'adapter. Ils se sont adaptés tout le long de l'histoire de l'humanité, aux évolutions des conditions sociales, environnementales et économiques de manière autonome ou non (Kurukulasuriya and Rosenthal 2013).

Les agriculteurs, méritent d'être accompagnés et soutenus par les décideurs de tous ordres. Mais ces derniers ont besoin des évidences non seulement sur les impacts des changements climatiques mais aussi et surtout des propositions de solutions innovantes et durables pour améliorer la résilience des agriculteurs. Ceci n'est possible que dans une approche participative et inclusive mettant les agriculteurs au centre des recherches. De ce fait, la connaissance et la compréhension des perceptions des agriculteurs face aux changements climatiques sont une condition indispensable pour la conception de bonnes politiques d'adaptation dans le secteur, obtenir leur

adhésion aux différentes mesures proposées et leur mise en œuvre efficace et efficiente (Hansen et al. 2004).

Il apparaît donc évident que la mise en œuvre réussie des politiques publiques qui visent la promotion de l'adaptation en vue de réduire la vulnérabilité des agriculteurs requiert, entre autres, la coopération et la participation de ces derniers (Fierros-González and Lopez-Feldman 2021). Pour y parvenir, des études sont réalisées pour comprendre la perception des agriculteurs par rapport aux changements climatiques. Mais cette perception est locale et les réponses à apporter doivent s'inspirer de l'expérience de vie des bénéficiaires. De fait, il n'est pas superflu d'entreprendre des études pour approfondir les connaissances sur la perception des agriculteurs sur ce phénomène. Bien qu'au niveau mondial les attentions sont focalisées sur la compréhension des changements climatiques et des mesures correctives à y apporter, au Bénin, peu de travaux ont investigué sur les perceptions et à l'adaptation développées au niveau local (Gnanglè et al. 2009). Ainsi, toutes les zones agroécologiques et les communes reconnues très vulnérables aux effets néfastes des changements climatiques ne sont pas encore couvertes par les études traitant des changements climatiques. Or ces études généreront des connaissances nouvelles indispensables au progrès de la science. De plus toutes les recherches se sont focalisées sur l'état actuel des changements climatiques alors que de plus en plus il est nécessaire d'avoir des solutions à moyen et long termes (MCVDD 2022)<sup>1</sup>.

C'est dans ce contexte que cette étude a été menée avec pour objectif principal de documenter les perceptions actuelles et les projections futures des agriculteurs en matière de changements climatiques et les conséquences économiques et environnementales qui en découlent. De façon spécifique, il s'est agi de :

- ☞ Evaluer la compréhension des changements climatiques par les agriculteurs de la commune de Matéri ;
- ☞ Identifier les types de changements perçus par les agriculteurs et les indicateurs associés en mettant l'accent sur les changements observés dans les schémas climatiques locaux ;
- ☞ Identifier les changements futurs du climat projetés par les agriculteurs ;
- ☞ Déterminer les impacts perçus des changements climatiques sur les pratiques agricoles et les rendements des cultures.

---

<sup>1</sup> Ministère du Cadre de Vie et du Développement Durable

## Matériel et méthodes

### Présentation de la zone d'étude

Pour apprécier son niveau de vulnérabilité aux effets néfastes des changements climatiques, le Bénin a élaboré en 2008 son Programme d'Action National aux fins de l'Adaptation aux changements climatiques (PANA, 2008). Ainsi, quatre des huit zones agroécologiques du Bénin ont été déclarées les plus vulnérables aux effets néfastes des changements climatiques dont la zone IV Ouest-Atacora à laquelle appartient la commune de Matéri, présentée sur la figure 1, qui a servi de cadre à cette recherche.

Suivant le quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH 4), la commune de Matéri, en 2013, compte 113 958 habitants dont 58 282 femmes soit 51,14 %. C'est une commune à dominance agricole. En effet, elle compte au total 90 923 agriculteurs soit un taux de 79,22 %. Ces derniers forment 71,38 % des ménages de la commune, chaque ménage étant constitué en moyenne de 07 personnes (INSAE 2016). Elle est subdivisée en 55 villages regroupés en 06 arrondissements notamment Dassari, Gouandé, Nodi, Tantega, Tchanhoun-Cossi et Matéri.

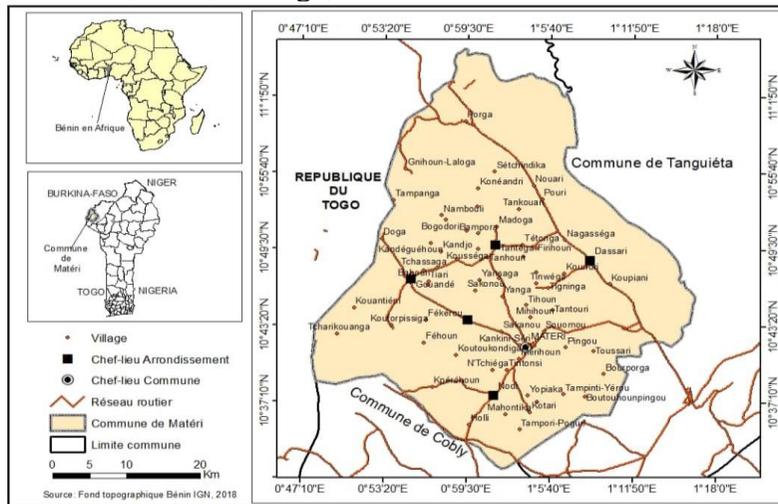


Figure 1. Carte de la zone d'étude

La commune de Matéri, couvrant une superficie de 4800 Km<sup>2</sup> est située dans le département de l'Atacora, au Nord-Ouest de la République du Bénin entre 10° 38' et 11° 4' de latitude Nord et 0° 48' et 1°10' de longitude Est. Elle est sous l'influence d'un climat soudano-guinéen avec une alternance entre saison sèche et saison pluvieuse d'égale durée. La pluviométrie annuelle oscille entre 900 et 1200 mm avec un nombre de jour de pluie variable. Les températures vont de 17 °C et 40 °C. La rivière Pendjari forme une boucle autour de la commune. Elle rejoint un affluent de la Volta à l'Ouest de la commune dans les régions de Tampaga pour former l'Oti au Togo avant de se

jeter dans la volta elle-même au Ghana. Une vingtaine de petites rivières qui s'assèchent en saison sèche parcourent les arrondissements. Les sols sont d'épaisseurs variables. Il s'agit des sols lessivés à concrétion, des sols indurés et des sols d'apport hydromorphes sur matériaux alluviaux finement sableux. Leur diversité permet à la commune de Matéri de varier ses cultures tout en assurant un bon niveau de production.

### ***Collecte de données***

#### ***Données primaires***

##### ***Echantillonnage***

Les unités d'observation sont constituées des exploitations agricoles. En effet, c'est à ce niveau que les différentes décisions liées aux stratégies pour une amélioration des résultats de l'exploitation se prennent (Ouedraogo et al. 2010). Elles sont représentées par leur chef d'exploitation qui en même temps est le chef de ménage. Ce choix est fondé sur l'hypothèse selon laquelle ce sont les chefs de ménage qui décident des pratiques d'adaptation agricole et que leurs connaissances, leurs perceptions, etc. devaient être prises en compte avant tout (Akponikpè et al. 2010). Dans l'échantillonnage l'accent a été mis sur l'âge des chefs de ménage (Akponikpè et al. 2010, Vissoh et al. 2012, Ndambiri et al. 2013), les changements climatiques étant un phénomène qui s'observe dans le temps. Ainsi, une attention particulière est accordée aux personnes âgées qui ont pu faire l'historique des manifestations des changements climatiques ainsi que l'impact noté sur leurs activités.

La taille totale « N » de l'échantillon soumis au questionnaire a été obtenue en utilisant une approximation de la loi binomiale de Dagnelie (1998) suivant la formule ci-après :

$$N = \frac{U_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 * p(1-p)}{d^2}$$

Avec :

N : taille de l'échantillon ;  $U_{1-\frac{\alpha}{2}}^2$  : 1,96 ; P : proportion de la population ayant le caractère recherché et d = marge d'erreur admise.

La valeur de p est déterminée au cours d'une enquête exploratoire conduite dans la commune de Matéri. Elle est égale à 0,53 et la marge d'erreur "d" prévue est de 5%. Ainsi, la taille N de l'échantillon ainsi déterminée est égale à 383 individus.

Les six arrondissements que compte la commune de Matéri ont été pris en compte. La représentativité d'un arrondissement est fonction de son poids agricole. Il en est de même pour les villages dont vingt-cinq sur les cinquante-six que compte la commune ont été sélectionnés soit 44,65%. Il a été procédé

à un tirage au sort aléatoire sans remise d'un nombre donné de village par arrondissement.

#### ☞ **Elaboration et test du questionnaire**

Sur la base des informations recueillies dans la revue de littérature, une liste de perception des changements climatiques par les agriculteurs et de leur conséquence a été établie. Cette dernière a été validée dans les focus groupes afin de s'assurer que les informations sont applicables à la zone de recherche. Au terme de ce processus, le questionnaire pour l'enquête formelle a été élaboré et testé avant son utilisation pour la collecte des données.

#### ☞ **Conduite des enquêtes**

Les données ont été collectées au sein de l'exploitation du chef de ménage. Ainsi, les données socio-démographiques, les perceptions actuelles et futures et les conséquences actuelles et futures en matière de changements climatiques et leurs impacts ont été collectés.

### ***Données secondaires***

Les données secondaires ont concerné la revue de littérature, les données climatiques (pluviométries, températures et évapotranspiration potentielle) et de productions agricoles (superficies, rendements et productions). Ces deux dernières ont été obtenues respectivement auprès de la Direction des Statistiques Agricoles (DSA) et de l'Agence Météo Bénin.

La base de données climatiques obtenue auprès de l'Agence Météo Bénin est une série exempte de données manquantes. Une telle base offre une analyse crédible sur les changements climatiques (Bigot 2001).

### ***Analyse des données***

Les données collectées auprès des agriculteurs ont été croisées avec les données climatiques pour évaluer leur perception de la variabilité et du changement du climat, et comparer leurs perceptions aux tendances historiques à partir des données météorologiques sur la période 1970 et 2018.

Les données de perception des changements climatiques ont été codées 0 ou 1 selon que la réponse à la question est Oui (pour 1) ou Non (pour 0). Pour résumer les informations collectées sur la perception, une analyse factorielle a été conduite avec le logiciel R. Par la suite un test de Chi<sup>2</sup> est réalisé entre les modalités de la perception et les différentes localités d'appartenance des agriculteurs toujours avec le logiciel R et a permis une analyse approfondie. A travers ce test de Chi<sup>2</sup>, les modalités de perception les plus significatives (probabilités significatives au seuil de 0,05) ont été identifiées. Il a permis également d'apprécier la variation des perceptions d'une localité à l'autre.

Les données météorologiques historiques et les données sur les ménages agricoles ont été utilisées dans les statistiques descriptives

notamment les tableaux statistiques sous forme de distribution de fréquences, les diagrammes circulaires et les paramètres ou valeurs typiques, pour analyser les perceptions des agriculteurs. Ces différentes analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel R.

## **Résultats**

### ***Caractéristiques des agriculteurs de la commune de Matéri***

Les résultats de l'enquête de terrain à Matéri montrent que l'activité agricole est pratiquée aussi bien par les hommes que par les femmes avec une forte dominance de la gent masculine (78 % d'hommes). Ces statistiques se réfèrent au chef de ménage qui gère l'exploitation. Plusieurs ethnies se côtoient avec une dominance des Biali qui représentent 81 % de l'échantillon de la recherche. En termes de religion, le christianisme vient en tête avec 60 % de pratiquant alors que les religions traditionnelles comptent le petit effectif d'adepte notamment 09 %. La situation matrimoniale est presque uniforme avec 97 % de personnes mariées (une épouse ou plus) et une taille moyenne du ménage de  $8 \pm 2$  personnes. L'accès à l'éducation formelle n'est pas assez partagé au sein de la population. En effet, 55 % d'entre eux n'ont pas été à l'école alors que 42 % ont fait le cycle primaire sans pour autant le finaliser. L'agriculture est la principale activité dans la localité avec une moyenne des emblavures par enquêté de  $5,59 \pm 2,89$  hectares, repartis sur plusieurs exploitations. Cependant, ils exercent une activité secondaire à 74 % et bénéficient de l'accompagnement des agents d'encadrement à 96 %. Leur âge varie entre 32 et 56 avec une moyenne de 42 ans. Leur expérience dans l'activité agricole est de  $16 \pm 04$  ans. Ils sont pour la plupart fils d'agriculteur et ont grandi dans l'activité. Ils n'ont donc pas bénéficié d'une formation formelle avant de démarrer leur activité. La vie association est bien partagée car 68 % des personnes interrogées appartiennent à une organisation villageoise. Ce cadre facilite le partage des expériences entre pairs sur les questions liées aux changements climatiques. Le contact avec les agents d'encadrement est signalé par 96 % des personnes interrogées à raison d'une visite en moyenne par semaine. Il s'agit des structures de l'Agence Territoriale de Développement Agricole (ATDA) et quelques agents des projets et programmes intervenant dans la zone. La culture dominante est le maïs pratiqué par 92 % des enquêtés. Le tableau n°1 donne le détail des caractéristiques sociodémographiques des ménages enquêtés.

**Tableau 1.** Caractéristiques sociodémographiques des agriculteurs de Matéri

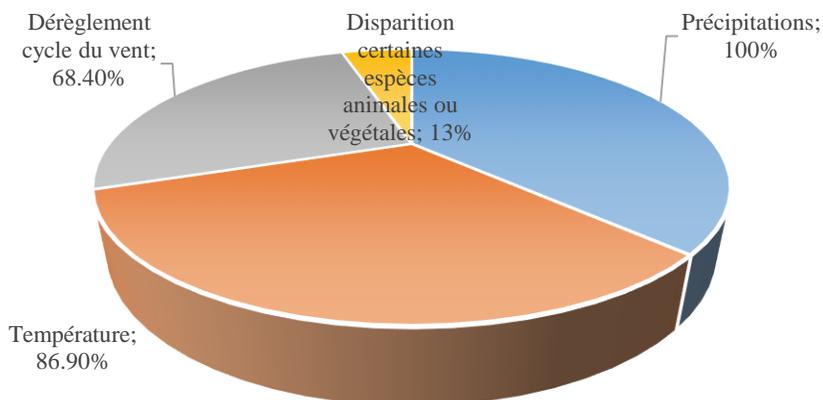
<b>Variabes</b>	<b>Modalités</b>	<b>Effectif</b>	<b>Fréquence (%)</b>
<b>Sexe</b>	Féminin	86	22,45
	Masculin	297	77,55
<b>Ethnie</b>	Biali	310	80,94
	Gourmantché	69	18,02
	Peulh	4	1,04
<b>Religion</b>	Traditionnelle	35	9,14
	Aucun	72	18,80
	Chrétienne	229	59,79
	Musulmane	47	12,27
<b>Situation matrimoniale</b>	Marié	373	97,39
	Veuf	8	2,09
	Célibataire	2	0,52
<b>Niveau d'éducation</b>	Aucun	209	54,57
	Primaire	162	42,30
	Secondaire	12	3,13
<b>Alphabétisation</b>	Non	351	91,65
	Oui	32	8,36
<b>Contact avec la vulgarisation</b>	Oui	369	96,35
	Non	14	3,65
<b>Activité principale</b>	Agriculture	383	100
<b>Activité secondaire</b>	Non	99	25,85
	Oui	284	74,15

Source : Données enquêtes de terrain, 2020

### *Variables climatiques perçues par les agriculteurs*

Parmi les variables utilisées pour caractériser l'état du climat, les données relatives à la pluviométrie et la température ont été collectées auprès du service météorologique du Bénin.

Par contre au niveau local, les agriculteurs perçoivent quatre variables liées au climat. Il s'agit de la pluviométrie, de la température, du vent et des espèces animales et /ou végétales comme le montre la figure 2.



**Figure 2.** Perception des Paramètres climatiques par les producteurs

En termes de perceptions, les précipitations sont observées par tous les agriculteurs (100 %), la température par 86,9 %, le dérèglement du cycle du vent et des vents violents par 68,4 % et 13 % parlent de la disparition de certaines espèces animales ou végétales. De façon globale, les résultats du test de Chi2 du tableau 2 montrent des probabilités significatives au seuil de 0,005 pour cinq modalités de perception à savoir Diminution de pluies, Irrégularité dans le temps, Avortement des pluies, Arrêt précoce et dérèglement des pluies.

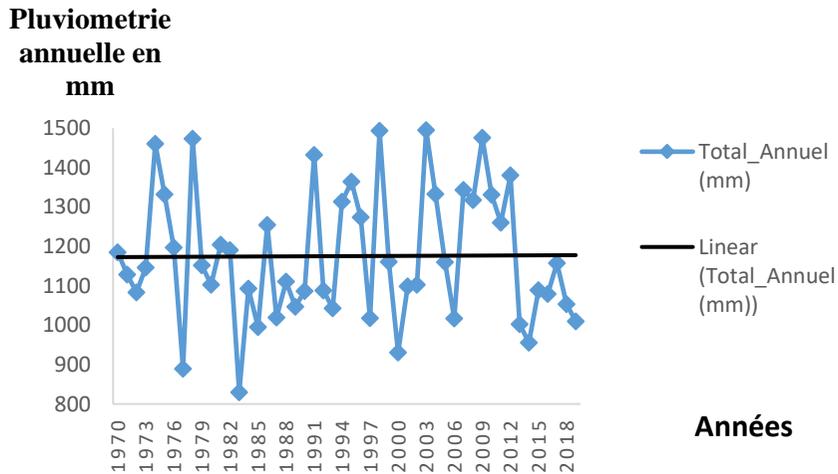
**Tableau 2.** Résultats du test de Chi2 pour les variables de perception entre les localités

Variables	Degré de liberté	p-value	X-squared
Vent et disparition d'arbres	5	0,868	1,862
Diminution des pluies	5	< <b>0,0001</b>	28,162
Irrégularité dans le temps	5	<b>0,001</b>	20,577
Retard d'installation des pluies	5	0,150	8,119
Avortement des pluies	5	<b>0,001</b>	21,422
Arrêt précoce des pluies	5	< <b>0,0001</b>	32,994
Diminution de la température	5	0,032	12,190
Dérèglement de l'intensité du froid	5	<b>0,006</b>	16,149

### **Variable pluviométrie**

#### *☞ Variation de la pluviométrie suivant les données météorologiques*

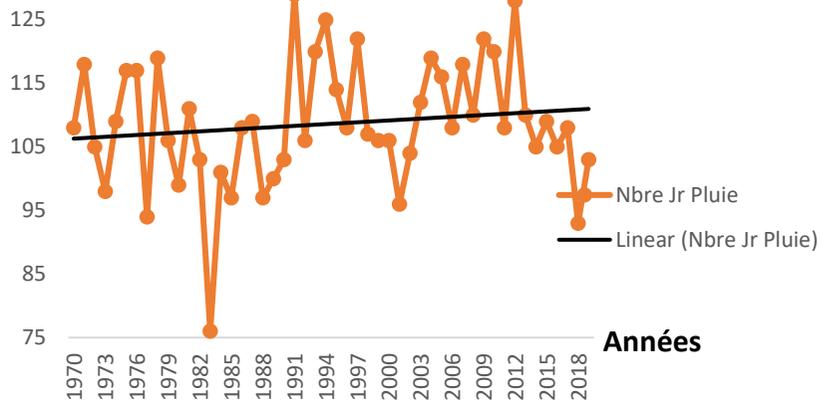
La pluviométrie est à la fois une variable essentielle en matière de changements climatiques et un élément clé pour les acteurs du secteur agricole. La commune de Matéri avec une agriculture essentiellement pluviale n'y échappe guère. L'irrigation est quasi absente au sein de cette communauté comme au niveau de l'ensemble du pays, quand bien même plusieurs cours d'eau traversent la commune. Les variations des précipitations s'observent aussi bien en termes de quantité d'eau que du nombre de jour de pluie dans le temps.



**Figure 3.** Evolution de la pluviometrie de 1970 à 2019 dans la commune de Matéri

Les quantités d'eau relevées entre 1970 et 2018, varient d'une année à l'autre et oscillent entre 829,6 mm pour le minima et 1495,5 mm pour le maxima comme le montre la figure 3. La tendance est non évolutive malgré cette oscillation. Les précipitations sont de ce fait soumises à des variations saisonnières et interannuelles. La plus petite quantité d'eau est observée en 1983 alors que la quantité maximale est obtenue en 2003. La moyenne pluviométrique sur la période est de  $1175,25 \pm 167,09$  mm.

### Nombre jour de pluie



**Figure 4.** Evolution du nombre de jour de Pluie par année à Materi

A l'image de la quantité d'eau, le nombre de jour de pluie n'est pas statique d'une année à l'autre. Il a varié entre 76 pour l'année (1983) ayant connu le moins de jour pluvieux à 129 jours pour l'année la plus pluvieuse en termes de jours de précipitation comme le montre la figure 4. La courbe de la tendance indique une légère augmentation du nombre de jour de pluie dans l'année. 1983 est l'année ayant connu également la plus petite quantité d'eau. Cette année a été la moins arrosée en termes de jour de pluie que de la quantité d'eau recueillie.

#### ☞ *Perception de la pluviométrie par les agriculteurs*

Les modalités de la variable pluviométrie, caractérisant les changements les plus fréquemment cités sont l'installation tardive des pluies (93,7%), la réduction des quantités d'eau tombées (86,9%), les arrêts précoces de pluies (72,32%) et l'irrégularité des pluies (64,23%). La survenance des autres modalités, comme en témoigne la figure 5 tels que l'abondance des pluies, l'avortement des pluies et la forte installation des pluies est assez marginale. Les agriculteurs de la commune de Materi lient les modalités de la variable pluviométrie aux changements climatiques.

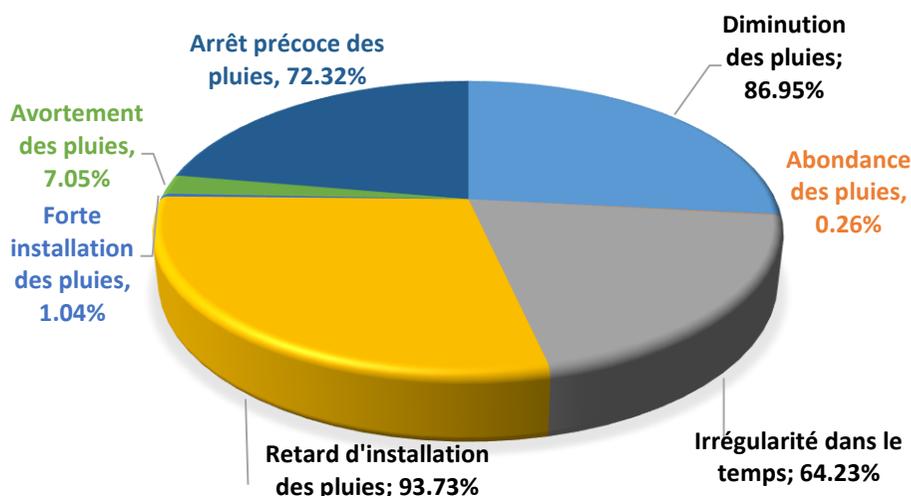


Figure 5. Observation des variations du paramètre pluviométrie

### ***Variation de la température***

#### ***☞ Variation de la température suivant les données météorologiques***

La température est également l'un des paramètres à partir duquel les changements climatiques peuvent s'observer. En effet, le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) l'utilise pour apprécier aussi bien le climat passé, actuel que futur. La chaleur et le froid sont les manifestations de la variation du climat. Ainsi, pour apprécier cette variation dans la commune de Matéri, les températures maximales et celles minimales de la période 1970 à 2015 ont été utilisées. Elles permettent de voir le niveau d'évolution de la forte chaleur ou du grand froid selon qu'il s'agit des maxima ou des minima.

En ce qui concerne les températures maximales observées d'une année à l'autre, elles ont évolué en dent de scie avec cependant une tendance à la hausse comme le montre la figure 6. Une variabilité interannuelle des températures est observée et l'écart se creuse entre les températures extrêmes (minima/maxima). Les années aux températures relativement élevées augmentent et les années aux températures basses diminuent. Il s'en suit que les jours très chauds ou très froids varient d'une année à l'autre. 2010 est l'année ayant connu la température extrême la plus élevée notamment 39,3 °C tandis que l'année 1997 est marquée par la température maximale la plus faible soit 36,2 °C. En somme de 1970 à 2015, les températures maximales ont varié entre 39,3 °C et 36,2 °C soit 3,1 °C d'amplitude.

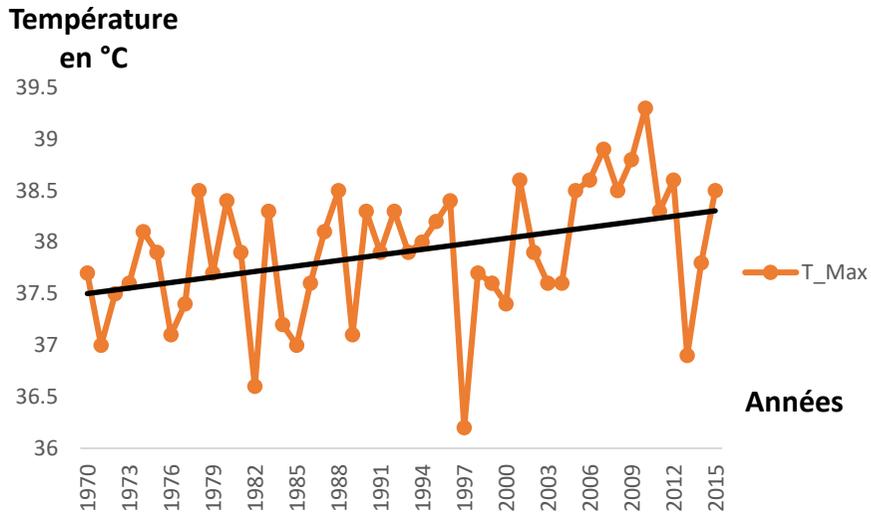


Figure 6. Evolution des températures annuelles maximales à Matéri

Les températures minima observées entre 1970 et 2015 dans la commune de Matéri ont varié d'une année à l'autre avec une tendance baissière (Figure 7). La température minimale la plus élevée a été enregistrée en 2003, soit 19,7 °C très voisine de la situation en 1990 où elle était de 19,6 °C. A partir de 2011 où la température minimale était de 18,3 °C, le cycle de froid s'est poursuivi pour atteindre 13,7 °C en 2015. De façon globale, l'écart entre la température minimale la plus élevée et celle minimale la plus faible est de 6 °C.

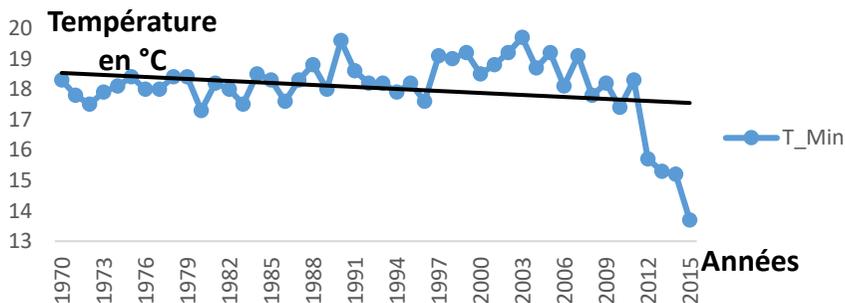
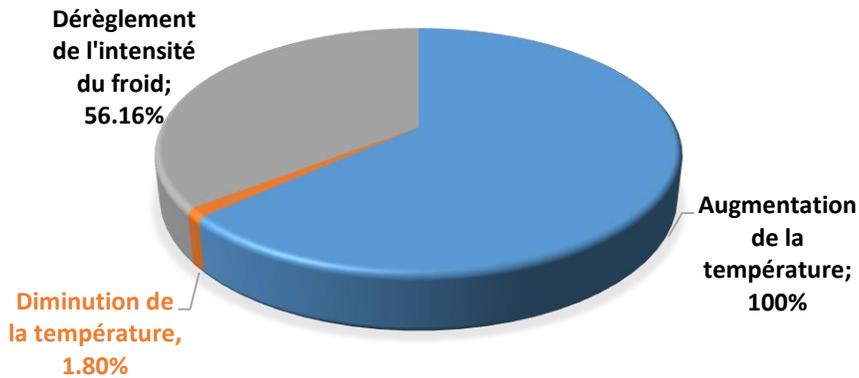


Figure 7. Evolution des températures annuelles minimales à Matéri

### ☞ Perception de la température par les agriculteurs

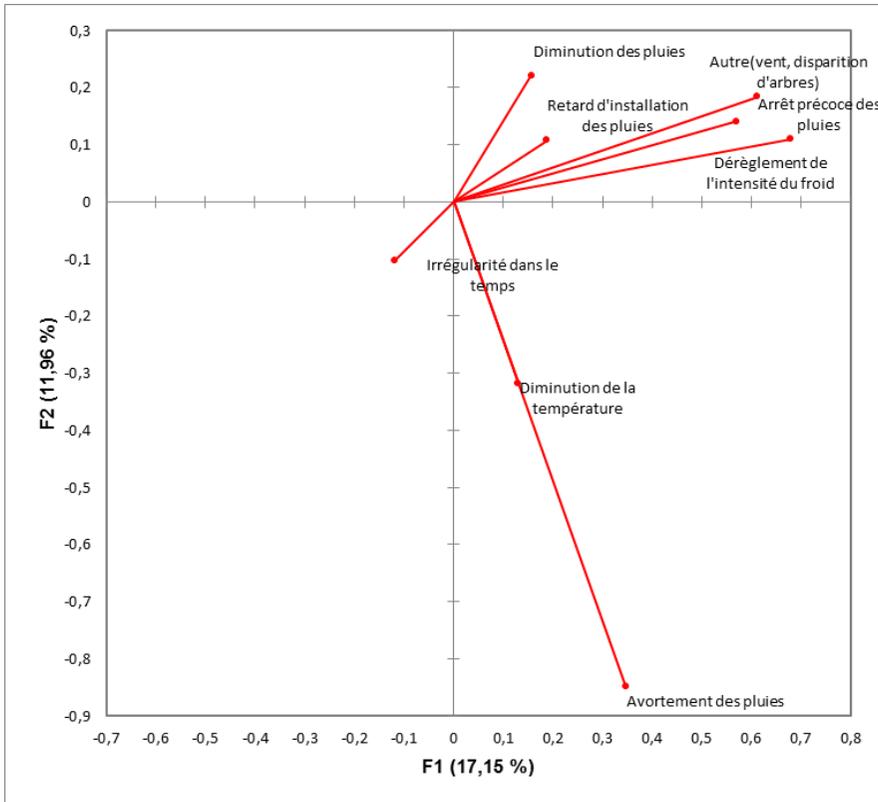
Un second paramètre est la température. Deux modalités ont été constamment signalées par les acteurs du secteur agricole comme étant caractéristiques des changements climatiques. Il s'agit de l'augmentation de

la température, observée par la quasi-totalité des acteurs interviewés et le dérèglement du cycle du froid ressenti par 56,16 % comme le montre la figure 8.



**Figure 8.** Observation des variations du paramètre température

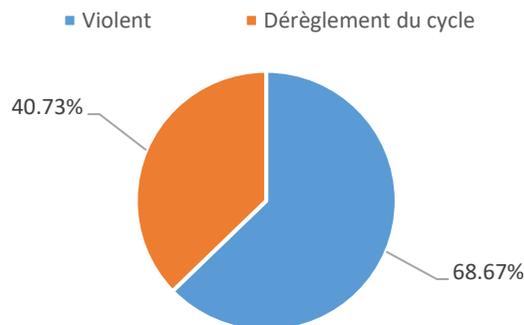
La figure 9 résume les indicateurs des différents paramètres perçus par les agriculteurs. Ainsi, le vent, la disparition d'arbres, l'arrêt précoce des pluies, le dérèglement de l'intensité du froid, le retard des pluies et la diminution des pluies sont les facteurs prépondérants qui expliquent les changements climatiques alors que l'avortement des pluies et la diminution de la température sont beaucoup moins perçus.



**Figure 9.** Carte factorielle sur les perceptions

***Variable relative au vent et à la disparition des espèces animales et végétales***

Selon les producteurs agricoles de Matéri, la variable vent a deux modalités notamment sa violence et sa survenance régulière. Ainsi, 40,73 % des enquêtés abordent sa violence alors 68,67 % parlent du dérèglement du cycle du vent comme le montre la figure 10.



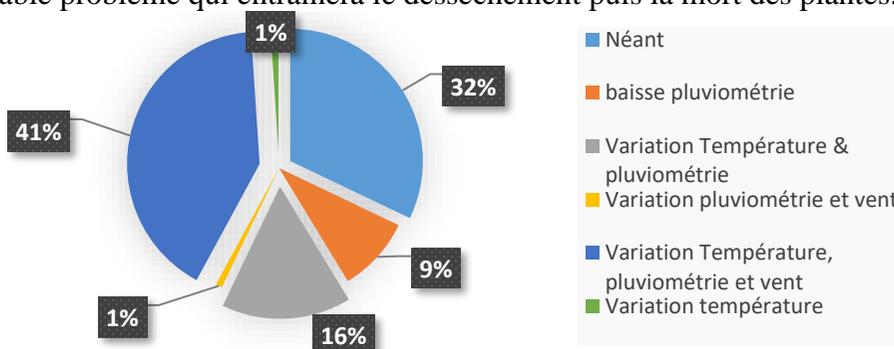
**Figure 10.** Variation du vent

Au niveau des espèces animales et végétales, 13% des agriculteurs enquêtés ont observé leur disparition.

### ***Perception des changements climatiques futurs***

Les agriculteurs de Matéri prédisent le climat futur et envisagent ses conséquences sur leurs activités. En matière de caractérisation du climat futur, ils abordent surtout la pluviométrie et la chaleur comme le montre la figure 11. Ainsi, ils parlent de la raréfaction des pluies qui entrainera une diminution de la quantité d'eau disponible pour leurs cultures au cours de l'année. Il y aura l'installation des poches de sécheresse qui sont dommageables pour leurs cultures. Ils évoquent aussi le retard dans l'installation des pluies. Ceci pourrait conduire à un décalage plus prononcé du calendrier agricole. Pour eux, tous les indicateurs liés à la pluviométrie se verront bouleverser, se dégrader davantage et évoluer au détriment de leurs activités agricoles.

Le deuxième paramètre évoqué est la forte chaleur. En effet, pour les agriculteurs la chaleur observée va se maintenir et même s'accroître. Une régression dans l'intensification de la chaleur n'est pas envisageable car cela ne s'est pas encore passé jusqu'à présent. Ceci constitue à leurs yeux un véritable problème qui entrainera le dessèchement puis la mort des plantes.



**Figure 11.** Perception des changements climatiques futurs

### ***Conséquences actuelles et futures des Changements Climatiques***

Les agriculteurs de la commune de Matéri ont tous perçu les changements climatiques. Du fait de leur expérience dans le secteur, ils ont déjà subi ses impacts sur leur activité quotidienne. Le maïs est la principale culture de la région et pratiqué par la quasi-totalité (92 %) des enquêtés. Les agriculteurs restent unanimes sur les impacts actuels des changements climatiques sur leurs activités. Il s'agit de la baisse de la fertilité de leurs sols qui deviennent incultes. La baisse de la pluviométrie ou son irrégularité combinée à la baisse de la fertilité des sols conduisent selon eux à une baisse des rendements qui s'observe déjà sur les produits agricoles de leur exploitation. La conséquence de cette situation est la baisse des revenus et la

rupture des produits alimentaires. Pour y remédier, ils s'adonnent à l'élevage dans 69 % des cas (Figure 12). Mais cette dernière activité est également sous l'emprise des changements climatiques à travers la raréfaction du fourrage pour leurs ruminants et l'assèchement rapide des points d'eau.

Quelques-uns abordent la survenance fréquente de vents violents qui entraînent la verse des cultures, la chute des fleurs et fruits des arbres. En ce qui concerne la température son élévation a des conséquences sur leur état de santé et agit sur leur force de travail. Elle serait responsable de certaines maladies comme le paludisme.

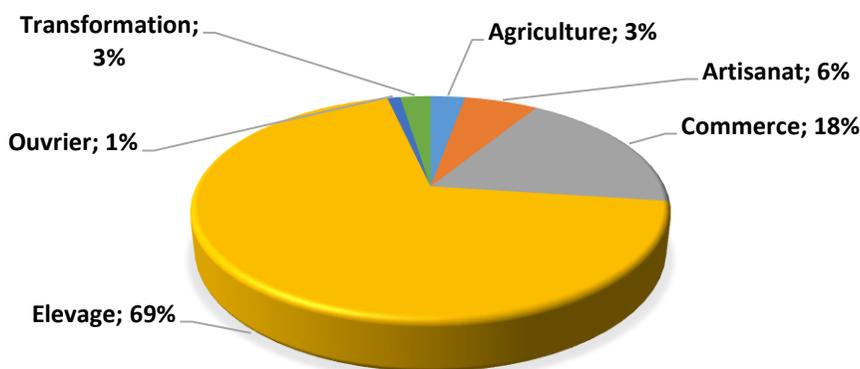


Figure 12. Activités secondaires des producteurs de Materi

En ce qui concerne les conséquences futures des changements climatiques, les agriculteurs parlent de la poursuite des manifestations actuelles et qui pourraient s'aggraver les années à venir. Ainsi, 97 % parlent de la baisse de leur revenu. Certains y associent la baisse de la fertilité des sols et par conséquent la réduction des rendements des différentes spéculations pratiquées. En somme aussi bien dans le présent que dans le futur, les agriculteurs perçoivent les conséquences des changements climatiques qui se résument en la baisse de la fertilité, la réduction des rendements, l'amenuisement des revenus et donc de leur bien-être.

## Discussion

### *Variables climatiques*

Tous les agriculteurs ont perçu les changements climatiques au cours de ces dix dernières années. Ces résultats sont en accord avec ceux de Debelo et al. (2015) où la perception des changements climatiques est notée par la quasi-totalité (plus 96 %) des petits exploitants interrogés sur une période de vingt ans (1992 et 2012) ou avec Devkota et al. (2018) où 80 % des riziculteurs ont fait l'expérience de l'augmentation de la température au cours des trois

dernières décennies et Abera et al. (2020) où 97,13 % des éleveurs ont perçu le climat changé dans leur région. Cette assertion des agriculteurs de Matéri confirme également les travaux de Akponikpè et al. (2010), Odewumi et al. (2013), Sahu and Mishra (2013), Yegbemey et al. (2014), Roco et al. (2015), Ayanlade et al. (2017), Uddin et al. (2017), Abid et al. (2019), Kabore et al. (2019), Funatsu et al. (2019) et Mairura et al. (2021) sur la perception des changements climatiques par les agriculteurs de l'Afrique subsaharienne et ailleurs dans le monde, notamment le Nord-Bénin, le Burkina Faso, le Niger, le Nigeria, le Kenya, etc. L'analyse des données climatiques de la zone, collectées auprès de l'Agence Météo Bénin, confirme cette perception de la variabilité climatique des agriculteurs de Materi.

Les producteurs agricoles demeurent unanimes sur quatre paramètres essentiels pour caractériser la variation du climat dans leur milieu. Il s'agit notamment de la température, la pluviométrie, les vents et les espèces animales et végétales. Deux de ces paramètres notamment la température et la pluviométrie confirment les résultats des recherches Agbo (2013) et Loko et al. (2013). Cependant d'autres paramètres comme les tourbillons et brouillard de poussière sont cités par Bambara et al. (2013) au Burkina Faso alors que Mamba et al. (2015) parle plutôt de la sécheresse au Swaziland qui est caractéristique de la raréfaction des pluies. Cette divergence du point de vue est la preuve évidente que la perception des changements climatiques est locale et donc varie d'un milieu à un autre. Il existe cependant des paramètres qui sont communs à toutes les localités.

### ***Perception des précipitations***

Les précipitations sont un élément clé pour les pays à agriculture essentiellement pluviale. De ce fait, elles demeurent un défi important pour les agriculteurs (Mamba et al. 2015). A Matéri, les modalités de la variable précipitations sont le retard dans l'installation des pluies, la réduction des quantités d'eau tombées, les arrêts précoces de pluies et leur irrégularité. Elles confirment les travaux de Ofuoku (2011) qui, en plus de ces modalités, parle des fréquentes inondations. Cependant, l'absence d'inondation à Matéri est liée à la topographie du sol où toute l'eau s'écoule vers les rivières après une pluie. Par contre dans les travaux de Chimi et al. (2022), 83,3 % des personnes interrogées, ont remarqué le changement de la durée de la sécheresse ainsi que sa fréquence au cours des dix dernières années, témoignant ainsi de la variation de la longueur de la saison pluvieuse comme à Matéri.

Les agriculteurs déterminent le choix des spéculations à pratiquer et le calendrier des semis suivant les précipitations. Dans la zone de recherche, 87 % des agriculteurs ont perçu leur réduction dans le temps. Ainsi, la quantité d'eau reçue a progressivement diminué d'une année à l'autre alors que, chacune de leur culture a un besoin en eau. Certaines phases sont critiques et

l'absence d'eau ou son abondance est dommageable pour leurs cultures. Cette observation des agriculteurs sur la variation des précipitations reste conforme aux données de précipitations couvrant la zone de recherche. Entre 1970 et 2018, la quantité d'eau tombée a légèrement diminué. La sensation de la diminution qu'ont les agriculteurs par rapport à la quantité d'eau reçue est surtout liée au cycle des cultures. Il s'agit de la variation de l'eau utile aux cultures. Ainsi, toute la quantité d'eau qui arrive très tôt avant les semis ou après les récoltes n'est pas comptabilisée par les agriculteurs.

Cependant, la variation du nombre de jour est très perceptible. En effet, il est observé une augmentation du nombre de jour pluvieux dans l'année. Ceci traduit un étalement de la pluviométrie avec de faible quantité. Ces observations relatives à la variation de la pluviométrie confirment les résultats de plusieurs études. Ainsi, pour Maddison (2007) puis Asrat and Simane (2018), 64 % des enquêtés ont indiqué une tendance à la baisse de la pluviométrie au Nord-Ouest de l'Ethiopie avec des précipitations inférieures à la normale et des saisons pluvieuses courtes (Debela et al. 2015) alors qu'au sud de l'Inde avec Dhanya and Ramachandran (2016), 88 % des agriculteurs ont constaté la diminution des précipitations et leur imprévisibilité associées aux périodes récurrentes de sécheresse. Sanogo et al. (2017) notent au Mali une réduction de la fréquence des inondations, la diminution des pluies et leur irrégularité. Ces résultats confirment également ceux de Nyanga et al. (2011) en Zambie, où la plupart des agriculteurs ont observé un démarrage tardif de la saison des pluies couplé à une réduction de sa longueur et au Nigeria, Sfoluwe et al. (2011) indiquent que 77,5 % des agriculteurs ont perçu simultanément l'augmentation de la température et la baisse des précipitations alors que seulement 42,3 % ont perçu une baisse du niveau des précipitations. Toujours au Nigéria, Ishaya and Abaje (2008) évoquent des diminutions des précipitations chaque année avec des anomalies pluviométriques variées qui impactent négativement la production agricole. Au Burkina Fasso, Sanfo et al. (2014) dans leurs travaux obtiennent 65 % des agriculteurs qui ont perçu une diminution des précipitations concomitamment aux périodes de sécheresse et 90 % des agriculteurs évoquent la baisse des précipitations en saison des pluies alors que Bambara et al. (2013) évoquent la baisse de la pluviosité, l'arrêt précoce des pluies, le raccourcissement de la durée de la saison pluvieuse auxquels s'ajoute un fréquent avortement des pluies. Au Bénin et dans l'Atacora, Loko et al. (2013) abordent déjà le retard dans l'installation de la pluie, ses coupures précoces et la diminution de sa quantité. Près d'une décennie plus tard, la pluviométrie ne s'est pas améliorée aux yeux des agriculteurs de Matéri et ailleurs. Ainsi, pour Elliott et al. (2017), 88 % des enquêtés à Kaboua, une localité située dans le bassin de l'Okpara, un des affluents du plus long fleuve du Bénin, font l'expérience de la baisse simultanée des hauteurs et du nombre de jours de pluie dans l'année.

En somme, les agriculteurs ont une perception élevée du paramètre pluie dans les différentes régions aussi bien en Afrique de l'Ouest qu'ailleurs dans le monde. Ceci est lié à son utilité pour le secteur agricole qui concentre une bonne partie de la population dans certains pays. Cependant, cette perception de la pluviométrie est souvent liée au cycle de développement des cultures d'où l'appréciation est fondée sur la notion d'eau utile pour les cultures mises en terre.

### ***Perception de la température***

Pour caractériser les changements climatiques, la variable température prend trois modalités selon les agriculteurs à savoir son augmentation ou sa diminution et le dérèglement de l'intensité du froid. Ainsi, la quasi-totalité des agriculteurs notamment 87 % ont perçu une élévation de la température alors qu'une infime proportion (2 %) affirme avoir ressenti une baisse de la température. Cette perception de la majorité des producteurs agricoles concorde avec les données collectées au niveau de la station météorologique couvrant la commune de Matéri. Elle est également en accord avec les résultats de plusieurs recherches dans d'autres zones agroécologiques du Bénin notamment Vissoh et al. (2012), Loko et al. (2013), Bamahossovi et al. (2016), Fadina and Barjolle (2018) et Savi et al. (2022). Les agriculteurs dans d'autres régions du monde ont fait la même observation quant à l'augmentation de la température avec Ishaya and Abaje (2008), Kemausuor et al. (2011) au Ghana, Ndambiri et al. (2013) au Kenya, Mamba et al. (2015) au Swaziland, Gadédjisso-Tossou (2015) au Togo, Sarkar and Padaria (2016), Takahashi et al. (2016) aux Etats Unis et Talanow et al. (2021). Agbo (2013) quant à lui ajoute le déplacement de la période de l'harmattan au Nigeria qui est en lien avec le dérèglement de l'intensité du froid noté par 41 % des enquêtés à Matéri. Ces résultats confirment également ceux de Ouedraogo et al. (2017) où 76 % d'enquêtés parlent d'une augmentation de la durée des périodes chaudes au cours des 20 dernières années. D'autres recherches parlent simplement d'une augmentation du niveau de chaleur comme manifestation des changements climatiques. Ainsi, Loko et al. (2013) parlent de l'élévation de la température et de l'augmentation de la durée d'insolation quant à Sanogo et al. (2017), ils parlent de l'augmentation de la température et du nombre de jours chauds dans le Sud du Mali.

### ***Perception de la variable vent***

Les agriculteurs de Materi caractérisent aussi les changements climatiques par la recrudescence des vents de plus en plus violents. Ces perceptions sont en accord avec les travaux de Bambara et al. (2013) au Burkina Fasso où les indicateurs « vents de plus en plus violents, l'augmentation des tourbillons et la fréquence de brouillard de poussière »

sont reconnus par les agriculteurs. Ces résultats confirment également les travaux de Yegbemey et al. (2014) qui au nombre des paramètres perçus par les populations locales au Bénin citent le vent, de Sanou et al. (2018) dans les savanes du Togo où la vitesse du vent de plus en plus violente a été perçue par 63 % des interviewés alors que 42 % parlent de la recrudescence des brouillards de poussières. Ces résultats confirment aussi les travaux de Ouattara et al. (2019) dans la région de Ségou au Mali où 23 % de la population ont perçu les vents violents comme manifestation des changements climatiques, Asare-Nuamah and Botchway (2019) où 79,4 % d'agriculteurs du Ghana parlent de l'augmentation de l'intensité du vent et Cuni-Sanchez et al. (2019) au Kenya où tous les participants ont observé des changements du vent et du brouillard au cours des 20 à 30 dernières années. Dans une recherche sous régionale couvrant le Bénin, le Sénégal et le Niger, Kosmowski et al. (2015) ont remarqué la recrudescence des vents violents dénoncée par plus de 95 % et 80 % des enquêtés respectivement au Sénégal et au Bénin.

#### ***Indicateurs de la variable espèces végétales et animales***

D'après les analyses statistiques, 13 % des agriculteurs enquêtés à Matéri ont remarqué la disparition de certaines espèces animales et végétales. Ces résultats confirment les travaux de Sarkar and Padaria (2016) sur l'impact des changements climatiques sur la sylviculture et la biodiversité qui se traduit par la réduction de certaines espèces animales et végétales. Ces résultats concordent avec ceux de Yegbemey et al. (2014) qui parlent de la disparition de certains arbres comme le néré et le karité sous la double influence anthropique et des vents violents et de quelques animaux dont hippopotames et phacochères, à la recherche de nouveaux points d'eau, les autres étant asséchés par les sécheresses prolongées dans le Nord du Bénin notamment à Banikoara, Bembéréké, Malanville et Natitingou. Ces résultats confortent ceux de Román-Palacios and Wiens (2020) sur l'impact des changements climatiques sur la biodiversité et Sintayehu (2018) qui lie le déclin de la biodiversité à la réduction et la fragmentation des habitats sous l'effet des changements climatiques.

#### ***Conséquences actuelles et futures des Changements Climatiques***

La baisse des rendements ressentie par les agriculteurs est confirmée par les travaux de plusieurs recherches dont ceux de Abera et al. (2018) qui en plus des baisses déjà observées prédisent une réduction des rendements de maïs pouvant aller de 24 à 43 % à l'horizon 2100 en Ethiopie. Le maïs étant l'une des principales cultures pratiquées dans la zone, ceci doit constituer une inquiétude pour les moyens de subsistances de ces communautés rurales. Ces résultats corroborent ceux de Ado et al. (2019) au Niger où 95 % des répondants ont signalé des impacts négatifs des changements climatiques sur

leur production agricole et 92,25 % parlent des impacts négatifs sur le revenu du ménage. Il reste également en accord avec les travaux de Bambara et al. (2013) qui parlent de la dégradation du couvert végétal, l'extension des superficies dénudées, la baisse des rendements agricoles, l'assèchement des cours d'eau/disparition des bas-fonds, la disparition/raréfaction d'espèces animales, l'insécurité alimentaire, la pauvreté et la migration temporaire. Quant à Sanou et al. (2018) dans les savanes togolaises ils ajoutent l'endettement des populations. Les dégâts des vents violents sur les cultures sont mentionnés par Kosmowski et al. (2015) dans une recherche sous régionale couvrant le Bénin, le Sénégal et le Niger.

### **Conclusion**

L'objectif de la recherche est d'analyser la perception des agriculteurs en matière de changements climatiques en relation avec les données scientifiques, leur prévision en matière de climat futur et les conséquences des changements climatiques. La plupart des agriculteurs a perçu les changements climatiques qui se manifestent par quatre variables essentielles. Il s'agit de la pluviométrie, de la température, des vents et de la disparition des certaines espèces animales et/ou végétales. Chacune de ces variables disposent d'indicateurs pour apprécier sa variation. Ainsi, la pluviométrie est devenue irrégulière, la quantité d'eau tombée a diminué, le début et la fin des saisons sont imprévisibles, l'installation des poches de sécheresse bouleversant ainsi le calendrier agricole. Quant à la température, elle a une tendance à la hausse. Les observations des agriculteurs sur ces deux paramètres ont été confirmées par les données climatiques obtenues auprès de l'Agence Météo Bénin. En ce qui concerne le vent, il est devenu plus fréquent. Certaines espèces animales et végétales ont disparu du fait des changements climatiques. En termes de conséquences, il est noté la baisse de la fertilité des sols et des rendements des cultures et la paupérisation des agriculteurs. Dans leur projection future des phénomènes climatiques, les agriculteurs estiment l'aggravation des différents paramètres et de leur conséquence. Cependant, les perceptions futures des changements climatiques et leurs impacts sur les communautés rurales sont quasi absents de la littérature et méritent d'être approfondis dans chaque milieu.

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

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

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

## References:

1. Abera, K., O. Crespo, J. Seid, and F. Mequanent. 2018. Simulating the impact of climate change on maize production in Ethiopia, East Africa. *Environmental Systems Research* 7: 1-12.
2. Abera, M., Y. Y. Mammed, M. Eshetu, F. Pilla, and Z. Wondifraw. 2020. Perception of Fogera cattle farmers on climate change and variability in Awi zone, Ethiopia. *Open Journal of Animal Sciences* 10: 792-815.
3. Abid, M., J. Scheffran, U. A. Schneider, and E. Elahi. 2019. Farmer perceptions of climate change, observed trends and adaptation of agriculture in Pakistan. *Environmental management* 63: 110-123.
4. Ado, A. M., J. Leshan, P. Savadogo, L. Bo, and A. A. Shah. 2019. Farmers' awareness and perception of climate change impacts: case study of Aguié district in Niger. *Environment, Development and Sustainability* 21: 2963-2977.
5. Agbo, F. U. 2013. Farmers' perception of climate change in Ikwuano local government area of Abia State, Nigeria. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 3.
6. Agovino, M., M. Casaccia, M. Ciommi, M. Ferrara, and K. Marchesano. 2019. Agriculture, climate change and sustainability: The case of EU-28. *Ecological Indicators* 105: 525-543.
7. Akponikpè, P. I., P. Johnston, and E. K. Agbossou. Year. Published. Farmers' perception of climate change and adaptation strategies in Sub-Saharan West-Africa. *In*, 2nd International conference on climate, sustainability and development in Arid Regions, Fartaleza-Ceara, Brazil, 2010.
8. Arnell, N. W., J. A. Lowe, A. J. Challinor, and T. J. Osborn. 2019. Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase. *Climatic Change* 155: 377-391.
9. Asare-Nuamah, P., and E. Botchway. 2019. Comparing smallholder farmers' climate change perception with climate data: the case of Adansi North District of Ghana. *Heliyon* 5: e03065.
10. Asrat, P., and B. Simane. 2018. Farmers' perception of climate change and adaptation strategies in the Dabus watershed, North-West Ethiopia. *Ecological processes* 7: 1-13.
11. Ayanlade, A., M. Radeny, and J. F. Morton. 2017. Comparing smallholder farmers' perception of climate change with meteorological data: A case study from southwestern Nigeria. *Weather and climate extremes* 15: 24-33.
12. Bamahosovi, C., Djessonou, A. A. Akindede, and E. Ogouwalé. 2016. Effets des risques climatiques sur la production vivrière dans la Commune de Lokossa (Bénin). *Journal scientifique européen*. 12: 1-10.

13. Bambara, D., A. Bilgo, E. Hien, D. Masse, and A. Thiombiano. 2013. Perceptions paysannes des changements climatiques et leurs conséquences socio environnementales à Tougou et Donsin. climats sahélien et sahélo-soudanien du Burkina Faso. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, 74: 8-16.
14. Bénin. 2019. Stratégie nationale pour l'e-Agriculture au Bénin 2020-2024. 57p.
15. Bigot, S. 2001. Détection des discontinuités temporelles au sein des séries climatiques: point méthodologique et exemple d'application. Actes des Journées de Climatologie: 27-46.
16. Chimi, P. M., W. A. Mala, J. L. Fobane, F. M. Essouma, J. A. Mbom II, F. P. Funwi, and J. M. Bell. 2022. Climate change perception and local adaptation of natural resource management in a farming community of Cameroon: A case study. Environmental Challenges 8: 100539.
17. Cuni-Sanchez, A., P. Omeny, M. Pfeifer, L. Olaka, M. B. Mamo, R. Marchant, and N. D. Burgess. 2019. Climate change and pastoralists: perceptions and adaptation in montane Kenya. Climate Development 11: 513-524.
18. Debela, N., C. Mohammed, K. Bridle, R. Corkrey, and D. McNeil. 2015. Perception of climate change and its impact by smallholders in pastoral/agropastoral systems of Borana, South Ethiopia. SpringerPlus 4: 1-12.
19. Devkota, N., R. K. Phuyal, and D. L. Shrestha. 2018. Perception, determinants and barriers for the adoption of climate change adaptation options among Nepalese rice farmers. Agricultural Sciences 9: 272-298.
20. Dhanya, P., and A. Ramachandran. 2016. Farmers' perceptions of climate change and the proposed agriculture adaptation strategies in a semi arid region of south India. Journal of Integrative Environmental Sciences 13: 1-18.
21. Elliott, D.-Y., L. Sintondji, K. M. Savi, P. A. B. Chabi, A. Akogou, and E. Euloge. 2017. Perceptions des populations du bassin de l'Okpara à Kaboua des changements climatiques et stratégies d'adaptation. African Journal of Rural Development 2: 417-428.
22. Fadina, A. M. R., and D. Barjolle. 2018. Farmers' adaptation strategies to climate change and their implications in the Zou Department of South Benin. Environments 5: 15.
23. Fierros-González, I., and A. Lopez-Feldman. 2021. Farmers' perception of climate change: A review of the literature for Latin America. Frontiers in Environmental Science 9: 205.

24. Funatsu, B. M., V. Dubreuil, A. Racapé, N. S. Debortoli, S. Nasuti, and F.-M. Le Tourneau. 2019. Perceptions of climate and climate change by Amazonian communities. *Global Environmental Change* 57: 101923.
25. Gadédjisso-Tossou, A. 2015. Understanding farmers' perceptions of and adaptations to climate change and variability: The case of the Maritime, Plateau and Savannah Regions of Togo. *Agricultural Sciences* 6: 1441.
26. Gnanglè, P. C., J. A. Yabi, R. G. Kakai, and N. Sokpon. Year. Published. Changements climatiques: Perceptions et stratégies d'adaptations des paysans face à la gestion des parcs à karité au Centre-Bénin. *In*, Actes du Colloque international de Niamey–Changements climatiques et évaluation environnementale: enjeux et outils pour l'évaluation des impacts et l'élaboration de plans d'adaptation, 2009.
27. Hansen, J. W., S. M. Marx, and E. U. Weber. 2004. The role of climate perceptions, expectations, and forecasts in farmer decision making: the Argentine Pampas and South Florida: Final Report of an IRI Seed Grant Project.
28. INSAE. 2016. Cahier des villages et quartiers de ville du département de l'Atacora. 38p.
29. Ishaya, S., and I. Abaje. 2008. Indigenous people's perception on climate change and adaptation strategies in Jema'a local government area of Kaduna State, Nigeria. *Journal of geography and regional planning* 1: 138.
30. Kabore, P., B. Barbier, P. Ouoba, A. Kiema, L. Some, and A. Ouedraogo. 2019. Perceptions du changement climatique, impacts environnementaux et stratégies endogènes d'adaptation par les producteurs du Centre-nord du Burkina Faso. *VertigO: la revue électronique en sciences de l'environnement* 19.
31. Kemausuor, F., E. Dwamena, A. Bart-Plange, and N. Kyei-Baffour. 2011. Farmers' perception of climate change in the Ejura-sekyedumase District of Ghana
32. Kosmowski, F., R. Lalou, B. Sultan, O. Ndiaye, B. Muller, S. Galle, and L. Seguis. 2015. Observations et perceptions des changements climatiques : Analyse comparée dans trois pays d'Afrique de l'Ouest. Les sociétés rurales face aux changements climatiques et environnementaux en Afrique de l'Ouest, *Escape*: 23p.
33. Kurukulasuriya, P., and S. Rosenthal. 2013. Climate change and agriculture: A review of impacts and adaptations. *Climate change series*
34. Loko, Y., A. Dansi, A. Agre, N. Akpa, I. Dossou-Aminon, P. Assogba, M. Dansi, K. Akpagana, and A. Sanni. 2013. Perceptions paysannes et

- impacts des changements climatiques sur la production et la diversité variétale de l'igname dans la zone aride du nord-ouest du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 7: 672-695.
35. Maddison, D. 2007. The perception of and adaptation to climate change in Africa, vol. 4308, World Bank Publications.
  36. Mairura, F. S., C. M. Musafiri, M. N. Kiboi, J. M. Macharia, O. K. Ng'etich, C. A. Shisanya, J. M. Okeyo, D. N. Mugendi, E. A. Okwuosa, and F. K. Ngetich. 2021. Determinants of farmers' perceptions of climate variability, mitigation, and adaptation strategies in the central highlands of Kenya. *Weather Climate Extremes* 34: 100374.
  37. Mamba, S. F., A. Salam, and G. Peter. 2015. Farmers' Perception of Climate Change a Case Study in Swaziland. *Journal of Food Security* 3(2): 47-61.
  38. MCVDD. 2022. Plan National d'Adaptation aux changements climatiques du Bénin 138.
  39. Ndambiri, H. K., C. N. Ritho, and S. G. Mbogoh. 2013. An evaluation of farmers' perceptions of and adaptation to the effects of climate change in Kenya. *International Journal of Food and Agricultural Economics* 1: 75-96.
  40. Niang, I. 2009. Le changement climatique et ses impacts: les prévisions au niveau mondial. *Liaison énergie francophonie*: 13-20.
  41. Nyanga, P. H., F. H. Johnsen, and J. B. Aune. 2011. Smallholder farmers' perceptions of climate change and conservation agriculture: evidence from Zambia. *Journal of Sustainable Development*.
  42. Odewumi, S., O. Awoyemi, A. Iwara, and F. Ogundele. 2013. Farmer's perception on the effect of climate change and variation on urban agriculture in Ibadan Metropolis, South-western Nigeria. *Journal of Geography and Regional Planning* 6: 209.
  43. Ofuoku, A. 2011. Rural farmers' perception of climate change in central Agricultural zone of Delta State, NIGERIA. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 12: 63-69.
  44. Ouattara, I., Y. Diarra, and S. Mariko. 2019. Etude des impacts des changements climatiques sur les activités agricoles dans la Commune Rurale de Mafouné, Cercle de Tominian, Région de Ségou au Mali. *European Scientific Journal* 15: 121-144.
  45. Ouedraogo, A., E. C. D. Da, and A. P. Ouoba. 2017. Perception locale de l'évolution du milieu à Oula au Nord du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 11: 144-156.
  46. Ouedraogo, M., Y. Dembélé, and L. Somé. 2010. Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations: cas des paysans du Burkina Faso. *Science et changements planétaires/Sécheresse* 21: 87-96.

47. Roco, L., A. Engler, B. E. Bravo-Ureta, and R. Jara-Rojas. 2015. Farmers' perception of climate change in mediterranean Chile. *Regional environmental change* 15: 867-879.
48. Román-Palacios, C., and J. J. Wiens. 2020. Recent responses to climate change reveal the drivers of species extinction and survival. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117: 4211-4217.
49. Sahu, N. C., and D. Mishra. 2013. Analysis of perception and adaptability strategies of the farmers to climate change in Odisha, India. *APCBEE procedia* 5: 123-127.
50. Sanfo, S., J. Lamers, M. Mueller, and W. Fonta. 2014. Farmers' Perception of climate change and climate variability versus climatic evidence in Burkina Faso, West Africa. 10-12.
51. Sanogo, K., J. Binam, J. Bayala, G. Villamor, A. Kalinganire, and S. Dodiomon. 2017. Farmers' perceptions of climate change impacts on ecosystem services delivery of parklands in southern Mali. *Agroforestry systems* 91.
52. Sanou, K., S. Amadou, K. Adjegan, and K. Tsatsu. 2018. Perceptions et stratégies d'adaptation des producteurs agricoles aux changements climatiques au nord-ouest de la région des savanes du Togo. 30: 87-97.
53. Sarkar, S., and R. Padaria. 2016. Farmers' awareness and risk perception about climate change in coastal ecosystem of West Bengal. *Indian research journal of extension education* 10: 32-38.
54. Savi, M. M. O. M., J. A. Yabi, and E. Sodjinou. 2022. Perception des variabilités climatiques des producteurs de maïs en relation avec les tendances climatiques au Nord-Bénin. *International Journal of Biological Chemical Sciences* 16: 2174-2188.
55. Sintayehu, D. W. 2018. Impact of climate change on biodiversity and associated key ecosystem services in Africa: a systematic review. *Ecosystem health sustainability* 4: 225-239.
56. Sofoluwe, N., A. Tijani, and O. Baruwa. 2011. Farmers perception and adaptation to climate change in Osun State, Nigeria. *African Journal of Agricultural Research* 6: 4789-4794.
57. Takahashi, B., M. Burnham, C. Terracina-Hartman, A. R. Sopchak, and T. Selfa. 2016. Climate change perceptions of NY state farmers: the role of risk perceptions and adaptive capacity. *Environmental management* 58: 946-957.
58. Talanow, K., E. N. Topp, J. Loos, and B. Martín-López. 2021. Farmers' perceptions of climate change and adaptation strategies in South Africa's Western Cape. *Journal of Rural Studies* 81: 203-219.
59. Uddin, M. N., W. Bokelmann, and E. S. Dunn. 2017. Determinants of farmers' perception of climate change: a case study from the coastal

- region of Bangladesh. *American Journal of Climate Change* 6: 151-165.
60. Vissoh, P. V., R. C. Tossou, H. Dedehouanou, H. Guibert, O. C. Codjia, S. D. Vodouhe, and E. K. Agbossou. 2012. Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements climatiques: le cas des communes d'Adjohoun et de Dangbo au Sud-Est Bénin. *Les Cahiers d'Outre-Mer. Revue de géographie de Bordeaux* 65: 479-492.
  61. Yabi, I., and F. Afouda. 2012. Extreme rainfall years in Benin (West Africa). *Quaternary International* 262: 39-43.
  62. Yegbemey, R. N., J. A. Yabi, G. B. Aihounon, and A. Paraiso. 2014. Modélisation simultanée de la perception et de l'adaptation au changement climatique: cas des producteurs de maïs du Nord Bénin (Afrique de l'Ouest). *Cahiers Agricultures* 23: 177-187 (171).



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Caractérisation Agronomique des Arbres Performants d'Anacardiens (*Anacardium occidentale L.*), Sélectionnés dans les Zones de Production au Togo**

***Tèkondo Banla***

Centre de Recherche Agronomique de la Savane Humide,  
Institut Togolais de Recherche Agronomique, Togo

***Agnassim Banito***

Laboratoire de Pathologie Végétale Ecole Supérieure d'Agronomie,  
Université de Lomé, Togo

***Thierry Dèhouégnon Houhenao***

Ecole Nationale Supérieure des Sciences et Techniques Agronomiques de  
Djougou, Université de Parakou, Bénin

***Kossi Essodina Kpemoa***

Direction scientifique, Institut Togolais de Recherche Agronomique, Togo

***Sani Mama Songai***

Laboratoire National des Semences et Plants,  
Direction des Semences et Plants, Togo

***Pouwéréou Tchalla***

Ecole Supérieure d'Agronomie Université de Lomé, Togo

***Kouami Kokou***

Laboratoire d'écologie, Faculté des Sciences, Université de Lomé, Togo

***Koffi Koba***

Laboratoire des Sciences des Agro Ressources, Ecole Supérieure  
d'Agronomie, Université de Lomé, Togo

***Komla Sanda***

***Essohouna Ago Kadai***

Programme Centres d'innovations Vertes,  
Internationale Zusammenarbeit GmbH-Togo

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p141](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p141)

Submitted: 29 March 2023

Accepted: 17 August 2023

Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Banla T., Banito A., Houhenao T.D., Kpemoa K.E., Songai S.M., Tchalla P., Kokou K., Koba K., Sanda K. & Kadai E.A (2023). *Caractérisation Agronomique des Arbres Performants d'Anacardiens (*Anacardium occidentale L.*), Sélectionnés dans les Zones de Production au Togo*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 141.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p141>

---

## Résumé

Les maillons des interprofessions anacarde ont un intérêt économique commun pour des entreprises nationales et internationales. La faible productivité des plantations au Togo est causée par l'utilisation des semences tout-venant et de l'absence de sélection du matériel végétal performant. L'objectif de l'étude est d'augmenter les rendements avec les noix de qualité par l'utilisation de matériel végétal performant sélectionné. Trois prospections annuelles précédées d'une pré identification des vergers des arbres à productivité élevée ont été réalisées. Les critères de choix des arbres ont été l'âge, la forme de l'arbre et de la noix, la qualité de l'amande, la productivité, le nombre d'inflorescences, la période de fructification, et l'état sanitaire des arbres pré identifiés. Au total trente-six arbres présentant les meilleurs critères ont été retenus. La structuration agronomique a permis d'obtenir trois groupes d'arbres ayant une productivité moyenne entre  $24,67 \pm 1,764$  et  $72,33 \pm 5,983$  kg, un grainage compris entre 139 et 221, un KOR compris entre 41 et 60, les taux d'amande entre 260 et 314. Les arbres élites obtenus vont permettre de produire des plants améliorés à partir du greffage et le sur greffage. La résistance de ces arbres élites aux maladies va contribuer à contrôler l'état sanitaire des vergers par une lutte intégrée. Les rendements en production d'anacarde vont augmenter avec l'utilisation des semences sélectionnées.

---

**Mots-clés:** Anacardier ; Productivité ; KOR, Togo

---

## **Agronomic Characterization of High-performance Cashew Trees (*Anacardium occidentale* L.), Selected in Production Areas in Togo**

***Tèkondo Banla***

Centre de Recherche Agronomique de la Savane Humide,  
Institut Togolais de Recherche Agronomique, Togo

***Agnassim Banito***

Laboratoire de Pathologie Végétale Ecole Supérieure d'Agronomie,  
Université de Lomé, Togo

***Thierry Dèhouégnon Houhenao***

Ecole Nationale Supérieure des Sciences et Techniques Agronomiques de  
Djougou, Université de Parakou, Bénin

***Kossi Essodina Kpemoa***

Direction scientifique, Institut Togolais de Recherche Agronomique, Togo

***Sani Mama Songai***

Laboratoire National des Semences et Plants,  
Direction des Semences et Plants, Togo

***Pouwéréou Tchalla***

Ecole Supérieure d'Agronomie Université de Lomé, Togo

***Kouami Kokou***

Laboratoire d'écologie, Faculté des Sciences, Université de Lomé, Togo

***Koffi Koba***

Laboratoire des Sciences des Agro Ressources, Ecole Supérieure  
d'Agronomie, Université de Lomé, Togo

***Komla Sanda***

***Essouhouna Ago Kadai***

Programme Centres d'innovations Vertes,  
Internationale Zusammenarbeit GmbH-Togo

---

### **Abstract**

The links of the cashew inter-branch association have found a common economic interest in the cashew sector due to the growing demand for nuts by national and international processing companies. The low productivity of cashew plantations in Togo is caused by the use of all-coming seeds and the lack of selection of efficient plant material. The objective of the study is to increase yields with quality nuts through the use of selected high-performance plant material. Three annual surveys preceded by a pre-identification of orchards of high-productivity trees were carried out. The criteria for choosing trees took into account the age, shape of the tree and nut, the quality of the

kernel, productivity, inflorescences, fruiting period, and health status of the pre-identified trees. Thirty-six trees with the best criteria were selected. The agronomic structuring made it possible to obtain three groups of trees with average productivity between  $24.67 \pm 1.764$  and  $72.33 \pm 5.983$  kg, graining between 139 and 221, KOR between 41 and 60, the fine rates between 260 and 314. The elite trees thus obtained will make to produce improved plants from the grafts and over-grafting. The resistance of these elite trees to diseases will help control the health status of orchards through integrated pest management. The resistance of these elite trees to diseases will help control the health status of orchards through integrated pest management. Cashew production yields will increase with the use of selected seeds from the study.

---

**Keywords:** Cashew tree; Productivity; KOR, Togo

## Introduction

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) est un arbre fruitier tropical et originaire des Caraïbes et du nord-est du Brésil (Toussaint-Morret *et al.*, 1961). Les Tupis l'appréciaient surtout pour les pommes de cajou qui sont juteuses, sucrées, acidulées et astringentes. C'est au Brésil que les navigateurs portugais connurent l'anacardier. Ils l'introduisirent ensuite dans leurs comptoirs sous diverses fortunes (Copeland, 1961). Il a été introduit au XVII<sup>e</sup> siècle en Afrique tropicale (Martin *et al.*, 1997). Son introduction au Togo par l'administration française date de 1939 (Goujon *et al.*, 1973). La culture de l'anacarde au Togo date des années 1960, avec l'implantation des champs collectifs gérés par les sociétés SORAD pour approvisionner la société paraétatique TOGOFRUIT. A cause de sa vocation économique, cette filière a pris de l'ampleur et touche près de 18 262 producteurs. La production nationale de noix de cajou selon la Direction des Statistiques Agricoles de l'Information et de la Documentation (DSID) a été estimée à 6 268 tonnes depuis la campagne agricole 2013/2014. La production nationale de l'anacarde est passée de 16 000 t à 22 000 t en 2019, soit une hausse de 37%. La tendance haussière va se poursuivre l'année suivante pour ressortir à 25.000 t en 2021 et à 33 866 t en 2022 (ATOP, 2023). Malgré les conditions climatiques favorables, l'utilisation des semences tout-venant, la non maîtrise des bonnes pratiques agricoles (BPA) associées au manque de matériel végétal performant et de semences améliorées réduisent le rendement moyen qui est estimé à 390 kg par hectare (DSID, 2015). Ainsi, la productivité moyenne des anacardiens en noix de cajou demeure très faible, 3 à 6 kg/arbre. Par contre, les grands pays producteurs au monde tels que l'Inde, le Vietnam, le Brésil et la Tanzanie ont des productions oscillantes entre 10 et 15 kg/arbre (Masawe, 2010 ; Tandjiékpon, 2010). De même, les rendements sont encore plus élevés dans des pays comme la Guinée-Bissau, le Bénin et le Viêt Nam avec

respectivement 15 ; 20 et 70 kg/pied (Touré *et al.*, 2017). Peu d'étude sur l'anacardier a été menée au Togo. A ce jour, l'anacardier est une importante culture d'exportation pour le continent africain qui totalise plus de 55% de la production mondiale de noix cajou (N'djolosse *et al.*, 2020). L'Afrique de l'Ouest est devenue la première zone de production de l'anacarde dans le monde depuis 2015 avec une production supérieure à 1 350 000 tonnes (Rongead, 2015). Cette spéculation agricole permet de résoudre à la fois les problèmes économiques, sociaux et environnementaux dans le monde (Tandjiékpon *et al.*, 2003 ; Dwomoh *et al.*, 2008 ; Hammed *et al.*, 2008 ; Gogohounga *et al.*, 2019 ; Balogoun *et al.*, 2016).

L'objectif de l'étude est d'augmenter les rendements avec les noix de qualité par l'utilisation de matériel végétal performant sélectionné.

## I. Matériel et méthodes

### 1.1. Description des sites

La présente étude a été menée dans quatre régions du Togo que sont : Plateaux Est (Longitude 1,39644 et Latitude 8,06740) Centrale (Longitude 1,42439 et Latitudes 9,02578), Kara (Longitude 0,5895 et Latitude 9,70095) et Savanes (Longitude 0,52007 et Latitude 10,73151) productrices d'anacarde (Tableau 1). Deux grandes zones agro écologiques couvrent les sites : zone soudano guinéenne (Régions Plateaux Est Centrale) et zone soudanienne (Régions Kara et Savanes). Le climat des zones d'étude est uni modal caractérisé par une saison pluvieuse de mai à septembre et une saison sèche de octobre à avril (Banla *et al.*, 2019).

**Tableau 1.** Zones Agro écologique de l'étude

Région	Zone Ecologique	Préfecture
Plateaux	Zone III	Est-mono Blitta
Centrale	Zone II	Tchamba Assoli
Kara		Bassar
Savanes	Zone I	Oti

### 1.2. Matériel biologique et technique

Le matériel végétal utilisé concerne 1222 arbres déjà productifs, les fruits ou faux-fruits composés de la noix brute et de la pomme. Cette étude a porté sur un core collection de 36 arbres (Tableau 3) identifiés parmi 482 arbres potentiels retenus.

Le matériel technique a concerné un kit Kernel Output Ratio (KOR) est composé de Bec de calao ou canard, d'une balance électronique, d'une calculatrice, trois petits bols, d'une aiguille). Il a été utilisé pour l'analyse de la qualité des noix. Une balance électronique de marque CAMRY (EK3250,

Max. : 5kg/11lb ; d=1g/0.05oz ; Battery : 2x1.5V AAA-excluded) a été utilisé pour peser les récoltes des noix. Les sacs de jute ont servi de conditionnement des noix.

### 1.3. Méthodes

Les arbres ont été prospectés dans quatre régions administratives (Tableau 2).

Les quatre régions administratives de l'étude regroupent 30 cantons dont 12 préfectures réparties en trois zones écologiques.

Des enquêtes en 2018 auprès des producteurs selon leur perception et des prospections en 2019, 2020 et 2021 ont permis de répertorier des arbres à production exceptionnelle auprès des producteurs. La technique de sélection massale avec les trois prospections a été utilisée pour identifier respectivement 482, 107 et 36 arbres élites dans les vergers suivant l'approche décrite par Jena *et al.* (2016) et celles décrites par Masawe (2010).

Les observations ont été effectuées dans 77 plantations pré identifiées sur la base des indications des producteurs et des représentants de la Fédération Nationale des Coopératives des Producteurs d'Anacarde du Togo (FNCPA). Ces plantations sont réparties dans trois zones écologiques dans quatre régions administratives (N'djolosse, 2020).

Les arbres sont productifs dans les plantations sélectionnées sur la base de leurs caractéristiques dendrométriques, leurs performances en termes de production et leurs états sanitaires (les arbres élites doivent être indemnes de toutes attaques parasitaires). Chaque arbre identifié a été suivi durant trois années dans son environnement d'origine, suivant l'approche décrite par Jena *et al.*, 2016).

**Tableau 2.** Villages prospectés pour le suivi des arbres élites anacardier

Région	Nombre de Préfectures	Nombre de villages	Nom des villages
Savanes	Oti	3	Boulbéné, Bonloiré, Koampanté,
	Tône	4	Kpengongondi, Ogaro-centre,
	Kpendjal	6	Nadoudi, Nagbéni, Soubouni, Tcharhegou, Ganlore, Molbagou, Nadiégou, Pana
<b>Sous total 1</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	
Kara	Bassar	5	Biakpabe, Bikambombé,
	Assoli	4	Bikonlkpambé, Bissibé, Agoudadè,
	Guérin-kouka	4	Koutangbao, Natchamba, Kissiwanyi, Gandè, Kouka, Sakpalé, Kpamboiua, Colline
<b>Sous total 2</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	

	Tchamba	7	Ali 1, Balanka, Idi-Iroko, Parampa, Koussoutou, AffemBoussou, Boussou, Sagbadèi, Kpario, Kparataou, Kpassouadè, Aoumatchatom, Damala, Sakalaoudè, Tchawaré, Adjengré Est, Adjengré Ouest, Yaloumbè, Lanzi, Waragni, Blitta-gare
Centrale	Tchaoudjo	7	
	Sotouboua	2	
	Blitta	4	
<b>Sous total 3</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	
	Anié	6	Agossou, Okéloukoutou, Akplave, Dassagba, Dokpoè, Glitto, Ilouwadan, Arifè, Doté, Kolocopé, Ogbonè, Morokouté, Amédéka, Elavagnon, Konadabo
Plateaux	Est mono	9	
<b>Sous total 4</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>61</b>	

Les arbres potentiellement élites suivis sont répartis dans diverses localités (cantons) avec des classes d'âges différentes dans quatre zones agro écologiques (Tableau 3).

**Tableau 3.** Core d'arbres potentiellement élites dans les localités d'origines

Région	Zone Ecologique	Préfecture	Canton	Arbres élites
Plateaux	Zone III	Est-mono	Nyamassila	TGA001 TGA002
Centrale	Zone III	Est-mono	Elavagnon	TGA003
		Blitta	Waragni	TGA004 TGA005 TGA006
			Tchamba	Alibi1
		Tchamba	Balanka	TGA008 TGA009 TGA010 TGA011 TGA012
		Tchamba	AffemBoussou	TGA013 TGA014
	Zone II	Tchamba	Balanka	TGA015 TGA016 TGA017
		Tchamba	Koussoutou	TGA018 TGA019 TGA020
		Tchamba	Kaboli	TGA021

Kara	Zone II	Assoli	Soudou	TGA022
				TGA023
				TGA024
		Assoli	Soudou	TGA025
		Bassar	Bangeli	TGA026
				TGA027
Savanes	Zone I			TGA028
		Oti	Nagbéni	TGA029
		Oti	Nagbéni	TGA030
				TGA031
		Tône	Pana	TGA032
				TGA033
		Tône	Pana	TGA034
				TGA035
		TGA036		

TGA : Togo Anacardier

#### ❖ Performances agronomique des arbres

En milieu de récolte, un échantillon de 2 kg de noix a été prélevé par arbre pour la détermination de leur qualité (KOR). Cette appréciation a été réalisée à la fin des récoltes sur un échantillon d'un kilogramme de noix à deux répétitions. Le nombre de noix dans un kilogramme (Grainage), les poids des noix unitaires et des amandes extraites (utile ou non) après la coupe des noix ont été les données collectées.

Les trois principaux critères de performances et des valeurs seuils ont été utiles pour les choix. Il s'agit du taux d'amande (25% minimum), du poids moyen de la noix brute (6 g minimum) et de la production totale de l'arbre suivant son âge (22 kg/arbre de moins de 10 ans, 30 kg/arbre à âge compris entre 10 et 14 ans et 40 kg/arbre d'au moins 15 ans). Les arbres portant des symptômes de maladies et/ou des dégâts de ravageurs sont systématiquement rejetés. Les méthodes utilisées dans cette étude sont celles décrites par Masawe (2010) :

- ✓ La productivité en noix qui est fonction de l'âge de l'arbre : un minimum de 22 kg/arbre de 8 ans par an est requis ;
- ✓ La qualité des noix produites appréciée à travers le poids moyen d'une noix qui doit être supérieur à 6 g et le taux d'amandes supérieur à 25% ;
- ✓ l'état sanitaire : les arbres potentiellement élites doivent être résistants aux maladies et aux ravageurs principaux

Cette activité a été réalisée annuellement en période de floraison, de fructification et de récolte (Masawe, 2010).

Les variables agronomiques suivies ont été la production par arbre (PRA) liée à l'âge de l'arbre (AGA), le poids moyen de noix (PMN) et le taux d'amande (TAM). L'étude a consisté en une description agro-morphologique d'un core de 36 arbres sélectionnés.

Les noix produites par chacun des arbres potentiellement élites identifiés ont été récoltées et pesées à chaque saison de production pour chaque arbre, par décade à l'aide d'une balance électronique. Les noix sont stockées dans des sacs de jute numérotés. La production totale est calculée par arbre à la fin des récoltes de chaque saison pour avoir la production annuelle par arbre.

#### ❖ **Diversité morphologique des arbres**

Les observations ont également porté sur les variables morphologiques, à savoir l'inflorescence (INF), l'état sanitaire de l'arbre (ESA), la période de fructification (PFR), les paramètres « forme des arbres (FOA) », couleur du fruit (CFR) et taille de la pomme (TAP).

#### **Analyses des données**

Une analyse descriptive des données a permis de déterminer les proportions des différentes modalités des variables morphologiques. Les données de type quantitatif ont permis de comparer les performances des arbres sélectionnés pour chaque critère principal. Des analyses univariées ont été effectuées par classe d'âge des arbres ( $10 \leq \text{AGE} < 14$  ;  $15 \leq \text{AGE} < 19$  ;  $20 \leq \text{AGE} < 25$  ;  $\text{AGE} \geq 25$ ), un choix justifié par la forte corrélation chez l'anacardier des variables « productions », « Qualité des noix » et « âge ».

Les analyses univariées ont été soit une Analyse de variance (ANOVA) ou le test de Kruskal-Wallis, suivant que la condition de normalité des données quantitatives était satisfaite ou non. La méthode des Comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Dunn a été utilisée pour la comparaison des performances des classes d'âge entre elles (Tarpaga *et al.*, 2020).

## **II. Résultats et discussion**

#### ❖ **Performances agronomiques et variabilité des arbres élites d'anacardier**

Les rendements en noix ne sont pas significativement différentes pour les arbres élites TGA014 ( $72,33 \pm 5,983$  a), TGA 018 ( $68,67 \pm 7,446$  a) et TGA032 ( $70,00 \pm 2,309$  a) qui sont les plus productifs respectivement de la zone II (Région Centrale) et zone I (Région des Savanes).

Les caractéristiques agronomiques des arbres élites anacardiens sont résumées dans le Tableau 4. La productivité moyenne des arbres a augmenté avec l'âge. Par contre, la qualité des noix ne varie pas avec l'âge. Cela a été perceptible à travers les valeurs quasi identiques des poids moyens et des KOR.

**Tableau 4.** Analyse de qualité des noix du core de collection des arbres élites anacardier

Clones	Production (Kg)	KOR	Ages (an)
TGA001	39,33 ± 2,333 cd	53	15 - 19
TGA002	34,33 ± 3,667 fgh	60	15 - 49
TGA003	30,33 ± 1,667 fg	56	15 - 19
TGA004	57,00 ± 4,933 abc	52	15 - 19
TGA005	40,00 ± 2,309 bcd	47	>25
TGA006	48,33 ± 2,882 bcdef	47	>25
TGA007	28,33 ± 2,728 fgh	58	>25
TGA008	40,00 ± 3,055 bcde	50	>25
TGA009	36,67 ± 1,856 efgh	52	>25
TGA010	28,33 ± 4,096 fg	49	20 - 25
TGA011	54,33 ± 6,756 abcde	52	20 - 25
TGA012	34,00 ± 5,196 fgh	54	20 - 25
TGA013	29,33 ± 3,712 fgh	51	20 - 25
<b>TGA014</b>	<b>72,33 ± 5,983 a</b>	52	<b>20 - 25</b>
TGA015	43,00 ± 2,517 bcdefgh	52	15 - 19
TGA016	32,67 ± 2,028 fgh	51	15 - 19
TGA017	39,33 ± 1,764 cde	53	15 - 19
<b>TGA018</b>	<b>68,67 ± 7,446 a</b>	54	<b>15 - 19</b>
TGA019	58,67 ± 4,702 abcd	54	15 - 19
TGA020	37,67 ± 5,364 defgh	40	15 - 19
TGA021	26,67 ± 2,728 gh	57	15 - 19
TGA022	32,67 ± 3,930 fgf	48	15 - 19
TGA023	21,67 ± 2,333 h	52	10 - 14
TGA024	29,33 ± 1,333 fgh	53	10 - 14
TGA025	56,00 ± 5,686 abcde	48	10 - 14
TGA026	41,33 ± 1,764 bcdefgh	54	15 - 19
TGA027	33,33 ± 5,175 fgh	54	15 - 19
TGA028	59,33 ± 8,647 abc	41	15 - 20
TGA029	27,00 ± 2,646 gh	53	15 - 19
TGA030	31,67 ± 6,888 fgh	60	15 - 19
TGA031	42,33 ± 2,005 bcd	56	20 - 25
<b>TGA032</b>	<b>70,00 ± 2,309 a</b>	54	<b>15 - 19</b>
TGA033	55,00 ± 6,807 abcd	44	15 - 19
TGA034	24,67 ± 1,764 gh	46	10 - 14
TGA035	29,33 ± 2,333 fgh	55	10 - 14
TGA036	30,33 ± 1,202 fgh	51	10 - 14
F	5,622		
P	<0,001		

\*Les valeurs moyennes suivies des mêmes lettres dans les colonnes ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Student-Newman-Keulh.

Le poids moyen des noix des arbres TGA029, TGA033, TGA034 et TGA035 est égal ou supérieur à 6g avec les grainages respectivement de 168,

175, 169 et 165 noix/kg. Les arbres élités TGA034 et TGA035 ont moins de 15 ans d'âge dans la région des Savanes.

**Tableau 5.** Arbres élités présentant le poids moyen  $\geq 6g$  dans les savanes

AE	PMN (g)	Nombre de noix/Ech	Taux de défaut	AGE (an)
<b>TGA029</b>	<b>6</b>	<b>168</b>	3,400	<b>15 - 19</b>
TGA030	5,4	184	9,300	15 - 19
TGA031	6	170	6,700	20 - 25
TGA032	5,1	197	0,400	15 - 19
<b>TGA033</b>	<b>6</b>	<b>175</b>	3,500	<b>15 - 19</b>
<b>TGA034</b>	<b>6</b>	<b>169</b>	3,900	<b>10 - 14</b>
<b>TGA035</b>	<b>6,1</b>	<b>165</b>	5,400	<b>10 - 14</b>
TGA036	5,4	185	11,500	10 - 14

AE : Arbre Elite

Le poids moyen des noix des arbres TGA004, TGA005, TGA006, TGA008, TGA012, TGA014, TGA018 et TGA021 est égal ou supérieur à 7g avec les grainages évoluant de 137 à 146 noix/kg (Tableau 6). Les arbres élités ont 15 ans d'âge et plus dans la région Centrale. La région Centrale est la première zone de production d'anacarde au Togo. Ceci s'explique par le climat favorable et la perception favorable des populations sur sa culture. Les plantations sont soit des héritages ou des nouvelles plantations selon les producteurs.

**Tableau 6.** Arbres élités présentant le poids moyen  $\geq 6g$  dans la centrale

AE	PMN (g)	Nombre de noix/Ech	Taux de défaut	AGE (an)
TGA004	7,1	139	3,1	15 - 19
TGA005	7	144	9,4	>25
TGA006	7,2	137	6,8	>25
TGA007	5,1	197	2,6	>25
TGA008	7	143	7,2	>25
TGA009	6,8	147	3,4	>25
TGA010	6,7	149	7,0	20 - 25
TGA011	6,6	151	1,9	20 - 25
TGA012	7	139	1,2	20 - 25
TGA013	4,5	221	5,9	20 - 25
TGA014	7	146	2,0	20 - 25
TGA015	6	173	1,8	15 - 19
TGA016	6	172	3,9	15 - 19
TGA017	5,5	180	1,9	15 - 19
TGA018	7,2	139	1,5	15 - 19
TGA019	5,5	181	0,4	15 - 19

TGA020	6	179	13,3	15 - 19
TGA021	7,3	136	0,0	15 - 19
TGA022	6	168	8,0	15 - 19

Le poids moyen des noix des arbres TGA001 et TGA003 est égal ou supérieur à 6g avec les grainages respectivement de 145 à 153 noix/kg. Les arbres élites ont moins de 20 ans d'âge dans la région des Plateaux (Tableau 7).

**Tableau 7.** Arbres élites présentant le poids moyen  $\geq$  6g dans les Plateaux

AE	PMN (g)	Nombre de noix/Ech	Taux de défaut	de AGE (an)
<b>TGA001</b>	<b>7</b>	<b>145</b>	<b>1,000</b>	<b>15 - 19</b>
TGA002	4,3	231	2,597	15 - 19
<b>TGA003</b>	<b>6,5</b>	<b>153</b>	<b>3,300</b>	<b>15 - 19</b>

Les poids moyen des noix des arbres TGA024, TGA025 et TGA028 sont respectivement 7, 6,5 et 8,3g avec les grainages de 136, 154 et 121 noix/kg (Tableau 8). Les arbres élites ont moins de 20 ans d'âge dans la région de la Kara. L'arbre TGA028 a de très grosse noix perceptible le faible grainage.

**Tableau 8.** Arbres élites présentant le poids moyen  $\geq$  6g dans la Kara

AE	PMN (g)	Nombre de noix/Ech	Taux de défaut	de AGE (an)
TGA023	5,4	184	9,500	10 - 14
<b>TGA024</b>	<b>7</b>	<b>136</b>	<b>0,200</b>	<b>10 - 14</b>
<b>TGA025</b>	<b>6,5</b>	<b>154</b>	<b>8,700</b>	<b>10 - 14</b>
TGA026	5,4	185	3,100	15 - 19
TGA027	5,5	181	1,900	15 - 19
<b>TGA028</b>	<b>8,3</b>	<b>121</b>	<b>3,500</b>	<b>15 - 19</b>

Les analyses de qualités des noix par clones ont permis d'identifier les arbres de différentes classes à savoir des excellentes, bonnes et des mauvaises. Les taux de défauts ont varié de 0,0 à 13,3 pour la collection du Togo. Dadzie *et al.* (2014) ont relevé que le taux d'amande serait une performance pour tout programme d'amélioration variétale de l'anacardier. Les poids moyens ont varié de 5,1 à 8,3 g. En considérant la classification de l'Institut International des Ressources Phytogénétiques (IPGRI, Ex IBPGR), les valeurs de poids de noix obtenues sont élevées car supérieures à 7 g (IBPGR, 1986). La production a varié de  $21,67 \pm 2,333$  à  $70,00 \pm 2,309$  kg. Des différences hautement significatives ont été observées dans la classe des arbres élites de 15 -19 ans. La taille ou le poids moyen de la noix est un critère majeur pour la

sélection de l'anacardier. Ce caractère a été discriminant pour les arbres suivis et ceux évalués. Ceci a été confirmé par Horea *et al.* (2015).

Les arbres élites des classes 10 -14 ans et 15 -19 ans ont des noix de poids moyens élevés, comparables aux résultats d'Ibukun et Jackson (2019) dont 20% de la population évaluée avait de telles performances. Par ailleurs, ils sont comparables aux poids moyen de noix observés par Zoumarou-Wallis *et al.*, (2016) au Bénin (7,90 g) et par Vikram *et al.*, (2013) en Inde (7,93 g). De meilleures performances ont été rapportées par d'autres études, comparativement à celle du Togo 8,3 g pour le clone TGA028 au Togo, à savoir 8,6 g pour le clone W227 au Ghana, rapporté par Dadzie *et al.*, (2014), des valeurs de 8,64 à 9,45 g rapportées par HOREA *et al.* (2015) et de 9,26 à 9,95 g par Singh *et al.* (2010).

Les arbres élites TGA032  $70,00 \pm 2,309$  kg et TGA18 avec  $68,67 \pm 7,446$  kg sont classés comme étant les plus productifs et les plus performants car ayant moins de 20 ans d'âge contrairement au TGA014 avec  $72,33 \pm 5,983$  kg qui a plus de 20 ans. Le rendement apparait comme le paramètre agronomique le plus important aux yeux du producteur de cajou. La productivité de l'anacardier est peu prédictible d'une année à l'autre contrairement au poids de la noix et mieux que le taux d'amande qui sont des caractères plus ou moins stables (Dadzie *et al.*, 2014).

Il est nécessaire de rapporter toujours le rendement de l'anacardier à l'âge de l'arbre suivi, du fait de la forte corrélation positive entre ces deux paramètres. Ce lien n'est juste que pour des jeunes arbres sélectionnés de bonne productivité Roy *et al.*, (2019).

Les performances obtenues des arbres dans la présente étude sont au-delà des seuils fixés par des auteurs pour la productivité par arbre, car les arbres de classe d'âge de 20 - 25 ans atteignent 72 kg par arbres et 8,3 g pour le poids moyen de noix. Les critères de sélection en Inde sont focalisés sur des arbres ayant au moins 7 g de poids moyen de noix et un potentiel de productivité par arbre de 20 kg (Ray, 2015), tandis que les seuils de performances définis par Roy *et al.*, (2019) sont de 10 kg au moins pour le rendement par arbre et 8 g pour le poids moyen de noix. En effet, d'après Bello *et al.*, (2017), les changements climatiques actuels affectent négativement les productions d'anacarde.

Les productivités moyennes enregistrées sont toutes supérieures à la productivité moyenne d'un anacardier ordinaire qui est de 15 kg de noix par an (Aliyu et Awopetu, 2007). Les arbres élites d'anacardiers sélectionnés ont des productions exceptionnelles surtout en lien avec leur âge. Ceci a donc amené certains auteurs à affirmer que les productivités moyennes atteindraient au moins deux fois leurs âges (Salifou et Masawe, 2018). Au Togo, des anacardiers très performants produisent plus de 100 kg de noix de bonne qualité par an comme au Ghana et en Tanzanie.

### ❖ Diversité morphologique

La couleur des pommes a été caractéristique des morphotypes des clones sélectionnés. Ceci pourrait orienter l'identification et le choix des différentes variétés. Les couleurs jaune ou jaunes claires, rouge ou oranges ont été identifiées avec une dominance de rouge suivi d'orange. Les pommes jaunes avec des variantes de jaunes claires ont été faiblement identifiées. L'utilisation des semences différentes génétiquement pourrait expliquer cette diversité des couleurs des pommes dans les différentes zones prospectées. Les formes longue, conique et ronde des pommes ont été identifiées avec une prédominance de long suivi de conique (Tableau 9). Ces formes des pommes pourraient aussi permettre de différencier les clones.

**Tableau 9.** Arbres élités présentant les paramètres qualitatifs des fruits

Arbre	Forme Pomme	Couleur Pomme
TGA04	Longue	Jaune claire
TGA05	Longue	Jaune claire
TGA06	Longue	Jaune claire
TGA07	Longue	Rouge
TGA08	Longue	Rouge
TGA09	Longue	Rouge
TGA10	Longue	Rouge
TGA11	Longue	Rouge
TGA12	Longue	Rouge
TGA13	Conique	Jaune
TGA14	Conique	Rouge
TGA15	Longue	Rouge
TGA16	Longue	Rouge
TGA17	Longue	Rouge
TGA18	Conique	Orange
TGA19	Conique	Jaune
TGA20	Conique	Jaune
TGA21	Conique	Jaune
TGA22	Conique	Jaune
TGA23	Longue	Rouge
TGA24	Longue	Orange
TGA25	Longue	Jaune claire
TGA26	Rond	Orange
TGA27	Rond	Orange
TGA28	Rond	Rouge
TGA01	Conique	Orange

TGA02	Longue	Rouge
TGA03	Longue	Rouge
TGA29	Rond	Orange
TGA30	Conique	Rouge
TGA31	Conique	Rouge
TGA32	Conique	Orange
TGA33	Conique	Orange
TGA34	Longue	Orange
TGA35	Longue	Orange
TGA36	Longue	Orange

Les arbres ayant des couronnes compactes (Figure 1) ont été les plus productifs. Les floraisons et les fructifications sont homogènes sur les arbres (Figure 2). Les noix se détachent des pommes facilement sans dépôt du reste de la pomme sur la noix (Figure 3).



**Figure 1.** Forme de l'arbre



**Figure 2.** Fructification



**Figure 3.** Pomme

Les couleurs des pommes sont jaune claire ou jaunes, orange ou rouges. Cette diversité du point de vue morphologique des arbres sélectionnés concorde avec les résultats de plusieurs auteurs Tarpaga *et al.* (2020). Trois morphotypes de pommes, longue, cylindrique et ronde ont été retrouvés dans notre collection. Selon certains auteurs, la forme cylindrique pourrait être caractéristique des variétés dites Jumbo du Brésil du fait de la grosseur du fruit total, la pomme et la noix (Aliyu et Awopetu, 2011).

Le paramètre morphologique contribue à une diversité génétique chez les espèces cultivées selon Ibukun et Jackson, (2019). Dans la présente étude, les résultats obtenus révèlent une grande diversité morphologique des arbres sélectionnés comme observée dans la population d'anacardiens du Burkina

Faso et de la Côte d'Ivoire (Zoumarou-Wallis *et al.* 2016 ; Moussa *et al.*, 2020).

La nature allogamique de l'anacardier pourrait expliquer la variabilité de l'espèce avec des plantations issues des semences noix tout-venant contrairement à la méthode de multiplication végétative qui devrait être utilisée pour l'installation des vergers (Djaha *et al.*, 2014). La prédominance de la couleur jaune des pommes a été révélée par certains auteurs tels que Ibukun et Jackson, (2019) ; Zoumarou-Wallis *et al.* (2016) et Ona *et al.* (2017) mais ce paramètre n'a pas été démontré qu'il pourrait influencer la production ou la qualité des pommes de l'anacardier. Les caractères d'appréciation de la productivité d'une variété d'anacardier sont la longueur et la vigueur des inflorescences. La variété idéale doit avoir une inflorescence en grappe portant au moins 7 noix comme l'ont affirmé Horea *et al.* (2015). La productivité de l'anacardier augmente surtout avec l'âge. Les périodes de fructification sont comprises entre fin janvier, février et mars. Toutefois, il existe très peu d'arbres tardifs ou fructifient deux fois. Ces périodes sont des grandes saisons sèches et n'enregistrent pas de pluies.

Les caractéristiques morphologiques sont fortement influencées par les effets environnementaux avec une faible héritabilité (Jena *et al.*, 2016). L'amélioration variétale de l'anacardier pourrait aussi prendre en compte les traits phénotypiques que sont la taille et le poids de la noix, le sexe ratio, la longueur de l'inflorescence et la productivité (Mneney *et al.*, 2001).

#### Conclusion

Les rendements des plantations sont les préoccupations de la filière anacarde qui passe par l'utilisation du matériel végétal amélioré. Les causes de faibles rendements ont été le manque du matériel performant. Cette étude vient répondre à la demande urgente de sélection des arbres par leur identification en matière de hautes productivités et de noix de bonne qualité pour l'augmentation des rendements des plantations d'anacardiers. Ils serviront aussi de parents pour la production de plants issus des multiplications végétatives.

Les productivités des arbres élités sélectionnés répondent aux productivités minimales requises. Cette étude a donc permis d'identifier et d'évaluer au Togo des anacardiers très performants de noix de bonne qualité comme au Ghana et en Tanzanie mais la production n'étant pas stable par an, nous avons considéré des moyennes de production requises.

#### Remerciements

Les remerciements sont adressés à la GIZ-Togo (ProDRA et ProCIV), à l'Institut Togolais de Recherche Agronomique (ITRA), au Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) pour les financements de ces travaux.

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

**Conflits d'intérêts :** L'auteur ne déclare aucun conflit d'intérêts.

### References:

1. Aliyu, O. M. & Awopetu, J. A., (2011). Variability Study on Nut Size and Number Trade-Off Identify a Threshold Level for Optimum Yield in Cashew (*Anacardium occidentale* L.), International Journal of Fruit Science, 11:4, 342-363, DOI: 10.1080/15538362.2011.63029.
2. Aliyu, O. M., & Awopetu, J. A., (2007). Assessment of genetic diversity in three populations of cashew (*Anacardium occidentale* L.) using protein-isoenzyme electrophoretic analysis. Genetic Resource Crop Evolution, 54: 1489-1497.
3. ATOP, Agence Togolaise de Presse / CIFAT. Conseil Interprofessionnel de la Filière Anacarde du Togo, (2023). Rapport de l'atelier de lancement de la campagne de commercialisation de la noix de cajou, Sokodé, 25 mai 2023, p.1.
4. Balogoun, R. K., (2016). Caractérisation des facteurs édaphiques et climatiques pour l'amélioration de la productivité de l'anacardier au Bénin, Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 157p
5. Banla, T., Houehanou, T. D. & Savi, M. K., (2019). Population structure of *Pterocarpus erinaceus* Poir. across a protection gradient in Sudanian savannahs of Togo, West Africa, *African Journal of Ecology*, Vol. 57, N° 1 pages 104-112.
6. Bello, K.A., Marcello, T., Feehally, G.I.O. J., Harris, D., J., Babatunde, L., Rateb, S. A., Osman, M.A, Qarni, B., Syed, S., Lunney, M., Natasha, W., Ye, F., Johnson, D. & Jama, W., (2017). Assessment of Global Kidney Health Care Status. doi: 10.1001/jama.2017.4046.PMID: 28430830.
7. Copeland, H. F., (1961). Observations on the reproductive structures of *Anacardium occidentale*. *Phytomorphology*, 2 (4): 315-325.
8. Dadzie, A.M., Adu-Gyamfi, P.K.K, Opoku, S.Y., Yeboah, J., Akpertey, A., Opoku-Ameyaw, K., Assuah, M., Gyedu-Akoto, E. & Danquah, W.B., (2014). Evaluation of Potential Cashew Clones for for Utilization in Ghana. *Advances in Biological Chemistry*,4:232-239.DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/abc.2014.44028>
9. Djaha, A. J. B., N'da, H. A., Koffi, K. E., Adopo, A. N., & Ake, S., (2014). Diversité morphologique des accessions d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) introduits en Côte d'Ivoire. *Rev. Ivoir. Sci. Technol*, 23, 244-258.

10. DSID, Direction de la Statistique, de l'Informatique et de la Documentation, (2015). Base de données de la champagne agricole au Togo.
11. Dwomoh, E. A., Ofori-Frimpong, K., Afrifa, A. A. & Appiah, M. R., (2008). Effects of fertilizer on nitrogen contents of berries of three coffee clones. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 3 (2), pp. 111-114 and berry infestation by the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolytidae)
12. Gogohounga, M., Labiyi, I., Coama, A., Miassi, G I.Y., Ollabode, E. N. & Yabi, J. A., (2019). « Caractérisation des formes de contractualisation dans la filière anacarde dans le département des collines au Bénin », *Agronomie Africaine*, Vol. 31, N° 2 pages 173-186, doi: 10.4314/aga.v31i2.
13. Goujon, P., Lefebvre, A., Leturcq, P.H., Marcellesi, A.P. & Praloran, J.C., (1973). Etudes sur l'anacardier. Bois et Forêts des Tropiques, n°151, Septembre – Octobre : 27 – 29.
14. Hammed, L. A., Anikwe, J. C., & Adedeji, A. R., (2008). « Cashew nuts and production development in Nigeria. ». *Am. Eurasian J. Sci. Res*, Vol. 3, N° 1, (2008), page 54-61.
15. Horea, J.K., Murmu, D.K., Hattopadhyay, N. & Alam K., (2015). Evaluation of Cashew Germplasms in West Bengal. *In Acta Hort.*, 1080: 135-142. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1080.15
16. IBPGR, 1986 IBPGR, (1986). Cashew Descriptors. Rome, Italy: International Board for plant Genetic Resources (presently, International Plant Genetic Resources Institute), p. 33.
17. Ibukun, E.O. & Jackson, U.E., (2019). Variation studies of morphological characters of cashew trees (*Anacardium occidentale* L.). Department of Plant Science and Biotechnology on Kogi State University Campus, Anyigba, Kogi State, Nigeria. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 08(03):017–022. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2019.8.3.0161>
18. Jena, R.C, Samal, K.C., Ajantaa, Pal, A. Das, B.K. & Chand, P.K., (2016). Genetic diversity among some promising Indian local selections and hybrids of cashew nut based on morphometric and molecular markers. *International Journal of Fruit Science*, 16 (1): 69–93. DOI: 10.1080/15538362.2015.1046321
19. Martin, P.J., Topper, C.P., Bashiru, R.A., Boma, F., De Waal, D., Harries, H.C., Kasuga, L.J., Katanila, N., Kikoka, L.P., Lamboll, R., Maddison, A.C., Majule, A.E., Masawe, P.A., Millanzi, K.J., Nathaniels, N.Q., Shomari, S.H., Sijaona, M.E. & Stathers, T., (1997). Cashew nut production. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(96\)00067.1](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(96)00067.1)

20. Masawe, P. A. L., (2010). Consultancy Report on Cashew Improvement Programme for Selected West African Countries (Benin, Burkina and Côte d'Ivoire), GIZ/iCA, Accra, p. 54.
21. Mneney, E., Mantell, S. & Bennett, M., (2001). Use of random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers to reveal genetic diversity within and between populations of cashew (*Anacardium occidentale* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76 (4): 375-383. <https://doi.org/10.1080/14620316.2001.11511380>
22. N'djolosse, K, Adoukonou-Sagbadja, H., Maliki, R., Kodjo, S., Badou, A. & Ahoyo, A.N.R., (2020). Performances agronomiques des arbres mères d'anacardiens (*Anacardium occidentale* L.) sélectionnés dans les plantations paysannes au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14 (5) : 1536-1546.
23. Ona, A.F., Amin, M., Emteas, M.A., Ahmad, H. & Jamal Uddin, A.F.M., (2017). Performance of Eight Cashew nut (*Anacardium occidentale*) Germplasm in Bangladesh. *Int. J. Bus. Soc. Sci. Res.*, 5(4): 175-182.
24. Ray, D. P., (2015). Genetic Resources and Varietal Improvement of Cashew Nut with Relation to Agro-Ecological Conditions of India. *In Acta Hort.*, 1080: 119-128. DOI: 10.17660/ActaHortic.2015.1080.13
25. Rongead, (2015). Le bilan paradoxal de la campagne de noix de cajou 2015 en Afrique de l'Ouest. <http://www.commodafrica.com/27-07-2015>, le bilan paradoxal de la campagne de noix de cajou 2015 en Afrique de l'Ouest
26. Roy, A., Dora, D.K., Sethi, K., Sahu, S., Dash, D.K. & Parida, A., (2019). Study on qualitative characters of thirty cashew genotypes. *International Journal of Chemical Studie.*, 7(4): 3066-3069.
27. Salifou, M.I. & Masawe, P.A.L., (2018). Guide on Developing Cashew Varieties and Improved Planting Materials. GIZ/ComCashew, Accra, p. 43.
28. Tandjiekpon M.A., (2010). Analyse de la chaine de valeur du secteur anacarde du Bénin. GTZ/iCA, Natitingou, p. 64.
29. Tandjiekpon, A., Lagbadohossou, A., Hinvi, J. & Afonnon, E., 2003. La culture de l'anacardier au Bénin : Référentiel Technique. INRAB-PADSE, Bénin. 86 p.
30. Tarpaga, W. V., Bourgo, L. , Guira, M. & Rouamba, A., (2020). Caractérisation agro morphologique d'anacardiens (*Anacardium occidentale* L.) en sélection pour le haut rendement et la qualité supérieure de noix brute au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14(9): 3188-3199. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print.).

31. Totjssaint-Norlet, P. & Giffard, P., (1961). Les plantations de Darcassou (*Anacardium occidentale*) au Sénégal. ISRA, rapport n°1082/232/663, 35p.
32. Vikram, H.C., Hegde, N.K. & Jagadeesh, R.C., (2013). Performance of cashew varieties under northern transition zone of Karnataka. *Journal of Plantation Crops*, 41(3): 441-443.
33. Zoumarou-Wallis N., A.Bagnan M., Akossou A. Y. J. & Kanlindogbe C. B., (2016). Caractérisation morphologique d'une collection de fruits d'anacardier provenant de la commune de Parakou (Bénin). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10(6): 2413-2422. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i6.1>

## **Données Préliminaires Sur les Oiseaux du Campus Universitaire Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, dans le Septentrion de la Côte d'Ivoire**

*Konan Ekoun Michaël  
Niamien Coffi Jean Magloire  
Guetonde Valérie Florence  
Approu Sombro Oscar*

Département de Biologie Animale, UFR Sciences Biologiques,  
Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, Côte d'Ivoire

*Yaokokore Béibro Kouassi Hilaire*

URF de Biologie de la Conservation et Gestion de la Faune,  
UFR Biosciences de l'Université Félix Houphouët-Boigny,  
Abidjan-Cocody, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p161](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p161)

Submitted: 21 April 2023  
Accepted: 15 August 2023  
Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)  
Under Creative Commons CC-BY 4.0  
OPEN ACCESS

### *Cite As:*

Konan E.M., Niamien C.J.M., Guetonde V.F., Approu S.O. & Yaokokore B.K.H. (2023). *Données Préliminaires Sur les Oiseaux du Campus Universitaire Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, dans le Septentrion de la Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 161. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p161>

### **Résumé**

La préservation de la biodiversité n'est plus l'apanage des seuls milieux naturels. De plus en plus, de nombreux scientifiques s'intéressent à la contribution des milieux anthropisés et notamment des milieux urbains dans la conservation des espèces d'oiseaux sauvages. Cependant, en Côte d'Ivoire, peu d'études se sont consacrées à l'avifaune des milieux urbains. Les rares études disponibles ont été réalisées au sud et au centre du pays. De ce fait, la présente étude qui a pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance des oiseaux du nord de la Côte d'Ivoire est pionnière. La collecte de données s'est déroulée pendant 12 mois, d'août 2020 à juillet 2021 sur toute la superficie du campus universitaire Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, par la méthode des indices ponctuels d'abondance basés sur les points d'écoute. Au total, 110 espèces de 41 familles et 16 ordres ont été inventoriées pour une abondance relative globale de 1494 individus d'oiseaux. L'ordre des

Passeriformes est le plus important avec 56 espèces (50,91 %) et 968 individus (64,79 %) d'oiseaux. Les 15 autres ordres regroupent ensemble 54 espèces (49,09 %) et 526 individus (35,21 %) d'oiseaux. Trois espèces dominent le peuplement dont la plus importante est *Lonchura cucullata* (16,60 %). Le peuplement d'oiseaux renferme 17 espèces omniprésentes (15,45 %) et 33 accidentelles (30 %), selon leurs fréquences d'occurrence. La grande majorité des espèces (92 espèces soit 83,64 %) est résidente. En outre, 82 espèces (74,54 %) fréquentent les habitats ouverts. Par ailleurs, cette étude a permis de confirmer la présence en Côte d'Ivoire, notamment dans la partie nord du pays, de la Tourterelle pleureuse *Streptopelia decipiens*, indiquée comme absente. En définitive, le campus universitaire Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo présente une diversité d'oiseaux importante favorisée par la pluralité d'habitats qu'il offre et aussi en raison de sa proximité avec les territoires très peu bâtis de la ville. De telles données sont capitales pour favoriser la conservation des oiseaux en ville.

---

**Mots-clés:** Biodiversité, Urbanisation, Avifaune, Ecologie urbaine, Korhogo, Côte d'Ivoire

---

## **Preliminary Data on the Birds of the Peleforo Gon Coulibaly University Campus in Korhogo, in the North of the Ivory Coast**

*Konan Ekoun Michaël*  
*Niamien Coffi Jean Magloire*  
*Guetonde Valérie Florence*  
*Approu Sombro Oscar*

Département de Biologie Animale, UFR Sciences Biologiques,  
Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, Côte d'Ivoire

*Yaokokore Béibro Kouassi Hilaire*

URF de Biologie de la Conservation et Gestion de la Faune,  
URF Biosciences de l'Université Félix Houphouët-Boigny,  
Abidjan-Cocody, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

The preservation of biodiversity is no longer the prerogative of natural environments alone. Increasingly, many scientists are interested in the contribution of anthropized environments and especially urban environments in the conservation of wild bird species. However, in Côte d'Ivoire, few studies have focused on the avifauna of urban environments. The rare studies

available were carried out in the south and center of the country. Therefore, the present study which aims to contribute to a better knowledge of the birds of northern Côte d'Ivoire is pioneering. Data collection took place over 12 months, from August 2020 to July 2021 over the entire area of the Peleforo Gon Coulibaly University campus in Korhogo, using the method of point indices of abundance based on point counts. In total, 110 species from 41 families and 16 orders were inventoried for an overall relative abundance of 1494 bird individuals. The Passeriformes order is the largest with 56 species (50.91%) and 968 individuals (64.79%) of birds. The other 15 orders together include 54 species (49.09%) and 526 individuals (35.21%) of birds. Three species dominate the stand, the most important of which is *Lonchura cucullata* (16.60%). The bird population contains 17 ubiquitous (15.45%) and 33 accidental (30%) species, depending on their frequency of occurrence. The vast majority of species (92 species or 83.64%) are resident. In addition, 82 species (74.54%) frequent open habitats. In addition, this study confirmed the presence in Côte d'Ivoire, particularly in the northern part of the country, of the Weeping Dove *Streptopelia decipiens*, indicated as absent. Ultimately, the Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo University campus presents a significant diversity of birds favored by the plurality of habitats it offers and also because of its proximity to the very sparsely built areas of the city. Such data is essential to promote the conservation of birds in the city.

---

**Keywords:** Biodiversity, Urbanization, Avifauna, Urban ecology, Korhogo, Ivory Coast

## Introduction

La préservation et la conservation de la biodiversité animale débutent par l'inventaire des espèces de faune sauvage. En réalité le niveau de connaissance est variable selon les groupes taxinomiques. Des recensements quasi exhaustifs ne sont disponibles que pour un petit nombre de groupes zoologiques ou botaniques, notamment les mammifères et les oiseaux (Lévêque, 2022). En Côte d'Ivoire, l'étude des oiseaux sauvages a connu ces dernières années un engouement de plus en plus important. Les études ornithologiques visant à déterminer la diversité des oiseaux dans divers écosystèmes aussi bien naturels, agricoles que fortement anthropisés sont foisons. Ainsi, les oiseaux forestiers (Yaokokoré-Béibro, 2010 ; Kouadio *et al.*, 2014 ; Yaokokoré-Béibro *et al.*, 2015a ; Okon *et al.*, 2018 ; 2019), les oiseaux des zones humides (Konan et Yaokokoré-Béibro, 2015 ; Konan *et al.*, 2015a), les oiseaux des agroécosystèmes (Konan *et al.*, 2015b ; Odoukpé *et al.*, 2020) sont de plus en plus connus, en Côte d'Ivoire. La progression des connaissances sur la diversité avifaunique des milieux urbains n'est pas en reste. Les études sur quelques grands centres urbains que sont les villes

d'Abidjan (Yaokokoré-Béibro *et al.*, 2015b ; Konan *et al.*, 2021), de Yamoussoukro (Konan *et al.*, 2014 ; 2015b ; Konan et Yaokokoré Béibro, 2015), de Grand-Bassam (Yaokokoré-Béibro *et al.*, 2015c) et de Daloa (Zéan *et al.*, 2018) en témoignent. Malheureusement, ces travaux se sont concentrées dans la partie sud et centre du pays. De ce fait, les connaissances sur la faune aviaire du septentrion ivoirien restent lacunaires. En ce qui concerne le département de Korhogo, seuls les travaux de Niamien *et al.* (2019), réalisés sur le lac urbain de Koko donnent des indications sur l'état de la faune aviaire de la localité. Pourtant, de 2002 à aujourd'hui, la ville de Korhogo a connu une croissance démographique rapide associée à une hausse des demandes en espace à bâtir (Sangaré *et al.*, 2021). Or de plus en plus, et contrairement aux idées reçues, les milieux urbains sont aujourd'hui d'un grand intérêt pour une part substantielle de la biodiversité (Balembois *et al.*, 2022). En ce qui concerne les oiseaux, beaucoup trouvent dans les centres urbains de la nourriture et des sites de nidification ainsi qu'un moyen de fuir les prédateurs naturels (Godet, 2017 ; Konan *et al.*, 2021). Cependant, les facteurs écologiques à l'origine de la présence et de la sédentarisation des oiseaux en ville sont encore méconnus. Pour y parvenir, il est primordial de saisir la diversité des oiseaux sauvages inféodés aux milieux urbains comme la ville de Korhogo. Pour ce faire, ce travail s'est réalisé au campus universitaire Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, avec pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance des oiseaux du nord de la Côte d'Ivoire, notamment ceux inféodés au campus universitaire de la ville de Korhogo.

### **Milieu d'étude**

Le campus universitaire de Korhogo (Figure 1) est situé au Sud de la ville de Korhogo (9°25'38'' N et 5°37'58'' O), sur l'axe routier Korhogo-Abidjan. Il est limité au Nord, par le quartier Téguré ; au Sud, par le lycée Félix-Houphouët Boigny ; à l'Est, par le quartier Lokaha et à l'Ouest, par le quartier Dokaha-extension. Ce site présente une physionomie très hétérogène, avec des zones bâties constituées par les bâtiments administratifs, les amphithéâtres et autres salles de cours, de même que les cités universitaires avec leurs aires de jeu ; des parties broussailleuses représentées par les zones non bâties du campus ; une zone très densément boisée comprenant une parcelle de tecks et une relique de forêt sèche.

La ville de Korhogo, chef-lieu de la région du Poro est sous l'influence d'un climat de type tropical de transition à deux saisons, avec des précipitations moyennes annuelles situées entre 1000 et 1700 mm de pluies. La saison pluvieuse s'étend de mai à octobre et la saison sèche part de novembre à avril. La zone appartient à la région soudanienne dont les formations climaciques sont des formations ouvertes à tapis graminéen. Elles

se caractérisent par la savane soudanienne typique renfermant des îlots forestiers (Konaté et Kampmann, 2010).

### Matériel et méthodes

La collecte de données s'est déroulée pendant 12 mois, d'août 2020 à juillet 2021 sur toute l'étendue du campus. La méthodologie de collecte utilisée est celle des indices ponctuels d'abondance basés sur les points d'écoute (Blondel *et al.*, 1970). Neuf points d'écoute (Tableau I) ont été disposés sur le campus à l'aide d'un GPS (GARMIN GPSMAP 66S). Ces points qui couvrent tous les habitats possibles du campus (zone bâtie, zone de broussailles, zone très boisée) sont distants les uns des autres de 300 mètres, à raison de trois points d'écoute par type d'habitat. Les visites ont été réalisées les matins, de six heures à 10 heures et les après-midi de 15h 30 min à 18h. Ces tranches horaires correspondent aux périodes d'activité maximale chez les oiseaux (Yaokokoré-Béibro, 2001). Quatre visites mensuelles ont été réalisées, soit un total de 48 visites sur l'ensemble des 12 mois de collecte de données.



**Figure 1.** Vue aérienne du campus de l'université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, avec les différents types d'habitats rencontrés

**Tableau I.** Coordonnées géographiques des différents points d'observation

Points d'observation	Latitudes	Longitudes
<b>Zone bâtie</b>		
Point 1	9°25'25.20"N	5°37'44.06"O
Point 2	9°25'35.92"N	5°37'47.77"O
Point 3	9°25'46.30"N	5°38'9.76"O
<b>Zone de broussailles</b>		
Point 1	9°25'32.95"N	5°38'4.00"O
Point 2	9°25'40.98"N	5°38'14.80"O
Point 3	9°25'56.05"N	5°38'12.77"O
<b>Zone très boisée</b>		
Point 1	9°25'56.76"N	5°38'4.94"O
Point 2	9°25'47.28"N	5°37'57.67"O
Point 3	9°25'47.09"N	5°37'46.78"O

Ces visites ont été réalisées les dimanches afin de réduire au maximum les perturbations liées aux activités universitaires. Au cours des visites, en chaque point, des observations ont été réalisées aux jumelles (BRESSER 10x42) durant une période de 20 minutes. Les cris et chants des espèces d'oiseaux inconnues, ont été enregistrés avec un dictaphone (SONY IC RECORDER ICD-PX470) et reconnus ultérieurement grâce à la discographie de Chappuis (Chappuis, 2000). Un appareil photo (Canon EOS 2000D) associé à un téléobjectif (Canon Zoom Lens EF 75-300mm 1 : 4-5.6 III) a permis des prises de vues de certains spécimens en vue de leur identification ultérieure. Les espèces vues ou entendues dans un rayon de 100 mètres ont été dénombrées (Blondel *et al.*, 1970). Ces espèces ont été prises en compte dans la détermination de l'indice ponctuel d'abondance (IPA). Les espèces observées au-delà des 100 mètres ont été considérées pour la richesse spécifique globale (Konan *et al.*, 2015b). Les données issues du suivi des oiseaux sur le campus ont permis de déterminer la richesse spécifique ( $S = \sum \text{espèces}$ ) du milieu ; la fréquence relative ( $Fr = (n_i/N) \times 100$ ) ; avec  $n_i$  : abondance de l'espèce  $i$  et  $N$  : abondance globale) qui donne la catégorie d'abondance (CA) de chaque espèce (Thiollay, 1986) ; la fréquence d'occurrence ( $Fo\% = (n_i/N) \times 100$ ) ; avec  $n_i$  : nombre de relevés contenant l'espèce  $i$  et  $N$  : nombre total de relevés) (Dajoz, 1985) qui est la résultante du rapport entre le nombre des observations où l'espèce a été notée et le nombre total des observations effectuées. Le peuplement obtenu a été caractérisé sur la base de l'origine biogéographique des espèces (Borrow et Demey, 2008), de l'habitat préférentiel (Bennun *et al.*, 1996) et du statut de conservation (UICN, 2022). La liste systématique des espèces d'oiseaux est déterminée selon (Borrow et Demey, 2001) et la nomenclature est tirée de Gill *et al.* (2022).

## Résultats

Une faune aviaire riche de 110 espèces de 41 familles et 16 ordres a été inventoriée sur le campus universitaire Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo. L'abondance relative globale sur toute la période d'étude est de 1494 individus d'oiseaux (Tableau II).

**Tableau II.** Liste et quelques paramètres écologiques des espèces d'oiseaux inventoriées sur le campus universitaire d'août 2020 à juillet 2021

Ordres/Familles/Espèces	Biogéo	Hab	UICN	AR	FR(%)	CA	FO(%)	Oc
<b>Pelecaniformes</b>								
<b>Ardeidae</b>								
<i>Bubulcus ibis</i> (Linné, 1758)	R/M	E	LC	125	8,37	Dominante	75	Constante
<i>Butorides striata</i> (Linné, 1758)	R	E	LC	1	0,07	Accidentelle	16,67	Accidentelle
<b>Scopidae</b>								
<i>Scopus umbretta</i> J. F. Gmelin, 1789	R	E	LC	2	0,13	Accidentelle	16,67	Accidentelle
<b>Accipitriformes</b>								
<b>Accipitridae</b>								
<i>Elanus caeruleus</i> (Desfontaines, 1789)	R	f.	LC	7	0,47	Rare	66,67	Régulière
<i>Milvus migrans</i> (Boddaert, 1783)	M/P	f.	LC	27	1,81	Régulière	83,33	Constante
<i>Micronisus gabar</i> (Daudin, 1800)	R	f.	LC	3	0,20	Rare	25	Accessoire
<i>Accipiter badius</i> (J. F. Gmelin, 1788)	R/M	F	LC	7	0,47	Rare	75	Constante
<i>Kaupifalco monogrammicus</i> (Temminck, 1824)	R	f.	LC	8	0,54	Rare	91,67	Constante
<b>Falconiformes</b>								
<b>Falconidae</b>								
<i>Falco ardosiaecus</i> Vieillot, 1823	R	f.	LC	3	0,20	Rare	25	Accessoire
<i>Falco biarmicus</i> Temminck, 1825	R	f.	LC	1	0,07	Accidentelle	16,67	Accidentelle
<b>Galliformes</b>								
<b>Phasianidae</b>								
<i>Ptilopachus petrosus</i> (Gmelin, 1789)	R	f.	LC	15	1,00	Régulière	75	Constante
<i>Francolinus albogularis</i> Hartlaub, 1854	R	f.	LC	4	0,27	Rare	16,67	Accidentelle
<i>Francolinus bicalcaratus</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	5	0,33	Rare	50	Régulière
<b>Gruiformes</b>								
<b>Rallidae</b>								
<i>Amaurornis flavirostra</i> (Swainson, 1837)	R	E	LC	1	0,07	Accidentelle	16,67	Accidentelle
<b>Charadriiformes</b>								

Ordres/Familles/Espèces	Biogéo	Hab	UICN	AR	FR(%)	CA	FO(%)	Oc
<b>Burhinidae</b>								
<i>Burhinus senegalensis</i> (Swainson, 1837)	R	E	LC	2	0,13	Accidentelle	16,67	Accidentelle
<b>Charadriidae</b>								
<i>Vanellus senegallus</i> (Linné, 1766)	R/M	f.	LC	17	1,14	Régulière	91,67	Constante
<b>Columbiformes</b>								
<b>Columbidae</b>								
<i>Treron calvus</i> (Temminck, 1808)	R	F	LC	4	0,27	Rare	16,67	Accidentelle
<i>Treron waalia</i> (F. A. A. Meyer, 1793)	R	f.	LC	4	0,27	Rare	16,67	Accidentelle
<i>Turtur tympanistria</i> (Temminck, 1809)	R	F	LC	2	0,13	Accidentelle	16,67	Accidentelle
<i>Turtur afer</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	4	0,27	Rare	50	Régulière
<i>Turtur abyssinicus</i> (Sharpe, 1902)	R	f.	LC	12	0,80	Rare	100	Omniprésente
<i>Columba guinea</i> Linné, 1758	R	f.	LC	39	2,61	Régulière	100	Omniprésente
<i>Streptopelia decipiens</i> (Hartlaub & Finsch, 1870)	R	f.	LC	1	0,07	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<i>Streptopelia semitorquata</i> (Ruppell, 1837)	R	f.	LC	13	0,87	Rare	100	Omniprésente
<i>Streptopelia vinacea</i> (Gmelin, 1789)	R	f.	LC	9	0,60	Rare	83,33	Constante
<i>Spilopelia senegalensis</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	67	4,48	Régulière	100	Omniprésente
<b>Psittaciformes</b>								
<b>Psittacidae</b>								
<i>Poicephalus robustus</i> (Gmelin, 1788)	R	f.	LC	2	0,13	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<i>Poicephalus senegalus</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	10	0,67	Rare	91,67	Constante
<i>Psittacula krameri</i> (Scopoli, 1769)	R	f.	LC	6	0,40	Rare	25	Accessoire
<b>Musophagiformes</b>								
<b>Musophagidae</b>								
<i>Musophaga violacea</i> Isert, 1788	R	f.	LC	8	0,54	Rare	83,33	Constante
<i>Crinifer piscator</i> (Boddaert, 1783)	R	f.	LC	16	1,07	Régulière	100	Omniprésente
<b>Cuculiformes</b>								
<b>Cuculidae</b>								
<i>Clamator levaillantii</i> (Swainson, 1829)	M	f.	LC	7	0,47	Rare	50	Régulière
<i>Cuculus gularis</i> Stephens, 1815	M	f.	LC	5	0,33	Rare	50	Régulière

<b>Ordres/Familles/Espèces</b>	<b>Biogéo</b>	<b>Hab</b>	<b>UICN</b>	<b>AR</b>	<b>FR(%)</b>	<b>CA</b>	<b>FO(%)</b>	<b>Oc</b>
<i>Cercococcyx olivinus</i> Sassi, 1912	R	F	LC	1	0,07	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<i>Chrysococcyx klaas</i> (Stephens, 1815)	R	f.	LC	1	0,07	Accidentelle	75	Constante
<i>Chrysococcyx caprius</i> (Boddaert, 1783)	M/R	f.	LC	3	0,20	Rare	25	Accessoire
<i>Centropus senegalensis</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	12	0,80	Rare	100	Omniprésente
<b>Caprimulgiformes</b>								
<b>Caprimulgidae</b>								
<i>Caprimulgus inornatus</i> Heuglin, 1869	M/R	f.	LC	2	0,13	Accidentelle	33,33	Accessoire
<i>Caprimulgus europaeus</i> Linné, 1758	P	f.	LC	1	0,07	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<i>Caprimulgus longipennis</i> Shaw, 1796	M	f.	LC	2	0,13	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<b>Apodiformes</b>								
<b>Apodidae</b>								
<i>Cypsiurus parvus</i> (M. H. K. Lichtenstein, 1823)	R	f.	LC	4	0,27	Rare	33,33	Accessoire
<i>Apus affinis</i> (J. E. Gray, 1830)	R	f.	LC	2	0,13	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<b>Coraciiformes</b>								
<b>Alcedinidae</b>								
<i>Halcyon malimbica</i> (Shaw, 1811)	R	F	LC	3	0,20	Rare	41,67	Accessoire
<i>Halcyon senegalensis</i> (Linné, 1766)	R/M	f.	LC	2	0,13	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<i>Ispidina picta</i> (Boddaert, 1783)	R/M	f.	LC	2	0,13	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<b>Coraciidae</b>								
<i>Coracias naevius</i> Daudin, 1800	R/M	f.	LC	8	0,54	Rare	66,67	Régulière
<i>Coracias abyssinicus</i> Hermann, 1783	M	f.	LC	4	0,27	Rare	50	Régulière
<b>Bucerotiformes</b>								
<b>Bucerotidae</b>								
<i>Lophoceros fasciatus</i> (Shaw, 1812)	R	F	LC	6	0,40	Rare	58,33	Régulière
<i>Lophoceros nasutus</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	15	1,00	Régulière	100	Omniprésente
<i>Bycanistes fistulator</i> (Cassin, 1850)	R	F	LC	1	0,07	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<b>Piciformes</b>								
<b>Lybiidae</b>								
<i>Pogoniulus chrysoconus</i> (Temminck, 1832)	R	f.	LC	5	0,33	Rare	100	Omniprésente

<b>Ordres/Familles/Espèces</b>	<b>Biogéo</b>	<b>Hab</b>	<b>UICN</b>	<b>AR</b>	<b>FR(%)</b>	<b>CA</b>	<b>FO(%)</b>	<b>Oc</b>
<i>Lybius dubius</i> (Gmelin, 1788)	R	f.	LC	11	0,74	Rare	50	Régulière
<b>Indicatoridae</b>								
<i>Indicator conirostris</i> (Cassin, 1856)	R	F	NE	1	0,07	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<b>Picidae</b>								
<i>Dendropicos goertae</i> (Statius Muller, 1776)	R	F	LC	3	0,20	Rare	33,33	Accessoire
<b>Passeriformes</b>								
<b>Alaudidae</b>								
<i>Galerida modesta</i> Heuglin, 1864	R	f.	LC	12	0,80	Rare	100	Omniprésente
<b>Motacillidae</b>								
<i>Anthus leucophrys</i> Vieillot, 1818	R	f.	LC	8	0,54	Rare	75	Constante
<i>Macronyx croceus</i> (Vieillot, 1816)	R	f.	LC	2	0,13	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<b>Pycnonotidae</b>								
<i>Chlorocichla simplex</i> (Hartlaub, 1855)	R	F	LC	4	0,27	Rare	66,67	Régulière
<i>Atimastillas flavicollis</i> (Swainson, 1837)	R	F	LC	13	0,87	Rare	91,67	Constante
<i>Pycnonotus barbatus</i> (Desfontaines, 1789)	R	f.	LC	35	2,34	Régulière	100	Omniprésente
<b>Muscicapidae</b>								
<i>Melaenornis edoloides</i> (Swainson, 1837)	R	f.	LC	2	0,13	Accidentelle	58,33	Régulière
<i>Cossypha niveicapilla</i> (Lafresnaye, 1838)	R	F	LC	2	0,13	Accidentelle	16,67	Accidentelle
<i>Cossypha albicapillus</i> (Vieillot, 1818)	R	f.	LC	8	0,54	Rare	100	Omniprésente
<b>Turdidae</b>								
<i>Turdus pelios</i> Bonaparte, 1850	R	f.	LC	13	0,87	Rare	91,67	Constante
<b>Acrocephalidae</b>								
<i>Hippolais polyglotta</i> (Vieillot, 1817)	P	f.	LC	1	0,07	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<b>Cisticolidae</b>								
<i>Cisticola erythrops</i> (Hartlaub, 1857)	R	f.	LC	5	0,33	Rare	25	Accessoire
<i>Cisticola cantans</i> (Heuglin, 1869)	R	f.	LC	6	0,40	Rare	91,67	Constante
<i>Cisticola lateralis</i> (Fraser, 1843)	R	f.	LC	1	0,07	Accidentelle	8,33	Accidentelle

<b>Ordres/Familles/Espèces</b>	<b>Biogéo</b>	<b>Hab</b>	<b>UICN</b>	<b>AR</b>	<b>FR(%)</b>	<b>CA</b>	<b>FO(%)</b>	<b>Oc</b>
<b>Cisticola</b>								
<i>brachypterus</i> (Sharpe, 1870)	R	f.	LC	5	0,33	Rare	41,67	Accessoire
<i>Prinia subflava</i> (J. F. Gmelin, 1789)	R	f.	LC	6	0,40	Rare	33,33	Accessoire
<b>Heliolais</b>								
<i>erythropterus</i> (Jardine, 1849)	R	f.	LC	2	0,13	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<i>Camaroptera brachyura</i> (Vieillot, 1820)	R	f.	LC	9	0,60	Rare	91,67	Constante
<i>Eremomela pusilla</i> Hartlaub, 1857	R	f.	LC	12	0,80	Rare	25	Accessoire
<b>Monarchidae</b>								
<i>Terpsiphone rufiventer</i> (Swainson, 1837)	R	F	LC	4	0,27	Rare	100	Omniprésente
<b>Platysteiridae</b>								
<i>Platysteira cyanea</i> (Muller, 1776)	R	f.	LC	4	0,27	Rare	75	Constante
<b>Leiothrichidae</b>								
<b>Turdoides</b>								
<i>plebejus</i> (Cretzschmar, 1828)	R	f.	LC	39	2,61	Régulière	75	Constante
<b>Nectariniidae</b>								
<i>Cyanomitra verticalis</i> (Latham, 1790)	R	F	LC	4	0,27	Rare	25	Accessoire
<i>Chalcomitra senegalensis</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	8	0,54	Rare	75	Constante
<i>Hedydipna collaris</i> (Vieillot, 1819)	R	F	LC	4	0,27	Rare	16,67	Accidentelle
<i>Hedydipna platurus</i> (Vieillot, 1819)	M	F	LC	3	0,20	Rare	8,33	Accidentelle
<i>Cinnyris chloropygius</i> Jardine, 1842	R	F	LC	2	0,13	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<i>Cinnyris coccinigastrus</i> (Latham, 1802)	R	f.	LC	6	0,40	Rare	75	Constante
<i>Cinnyris cupreus</i> (Shaw, 1812)	R	f.	LC	5	0,33	Rare	33,33	Accessoire
<b>Zosteropidae</b>								
<i>Zosterops senegalensis</i> Bonaparte, 1850	R	f.	LC	8	0,54	Rare	16,67	Accidentelle
<b>Laniidae</b>								
<i>Corvinella corvina</i> (Shaw, 1809)	R	f.	LC	50	3,35	Régulière	100	Omniprésente
<b>Malaconotidae</b>								
<i>Malaconotus blanchoti</i> Stephens, 1826	R	f.	LC	4	0,27	Rare	41,67	Accessoire

<b>Ordres/Familles/Espèces</b>	<b>Biogéo</b>	<b>Hab</b>	<b>UICN</b>	<b>AR</b>	<b>FR(%)</b>	<b>CA</b>	<b>FO(%)</b>	<b>Oc</b>
<i>Tchagra senegalus</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	4	0,27	Rare	50	Régulière
<i>Dryoscopus gambensis</i> (Lichtenstein, 1823)	R	F	LC	3	0,20	Rare	25	Accessoire
<i>Laniarius leucorhynchus</i> (Hartlaub, 1848)	R	f.	LC	1	0,07	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<i>Laniarius barbarus</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	6	0,40	Rare	100	Omniprésente
<b>Oriolidae</b>								
<i>Oriolus auratus</i> Vieillot, 1817	M	f.	LC	1	0,07	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<b>Dicruridae</b>								
<i>Dicrurus adsimilis</i> (Bechstein, 1794)	R	F	LC	4	0,27	Rare	58,33	Régulière
<b>Corvidae</b>								
<i>Corvus albus</i> Stadius Muller, 1776	R	f.	LC	72	4,82	Régulière	100	Omniprésente
<i>Ptilostomus afer</i> (Linné, 1766)	R	f.	LC	35	2,34	Régulière	66,67	Régulière
<b>Sturnidae</b>								
<i>Lamprotornis purpureus</i> (Stadius Muller, 1776)	R	f.	LC	6	0,40	Rare	50	Régulière
<i>Lamprotornis chalcurus</i> Nordmann, 1835	R	f.	LC	30	2,01	Régulière	50	Régulière
<i>Lamprotornis caudatus</i> (Stadius Muller, 1776)	R	f.	LC	21	1,41	Régulière	100	Omniprésente
<b>Passeridae</b>								
<i>Passer griseus</i> (Vieillot, 1817)	R	V/f	LC	8	0,54	Rare	83,33	Constante
<i>Gymnoris dentata</i> (Sundevall, 1850)	R	f.	LC	6	0,40	Rare	50	Régulière
<b>Ploceidae</b>								
<i>Ploceus nigricollis</i> (Vieillot, 1805)	R	f.	LC	5	0,33	Rare	8,33	Accidentelle
<i>Ploceus heuglini</i> Reichenow, 1886	R	f.	LC	2	0,13	Accidentelle	33,33	Accessoire
<i>Ploceus cucullatus</i> (Stadius Muller, 1776)	R	f.	LC	116	7,76	Dominante	91,67	Constante
<i>Euplectes hordeaceus</i> (Linné, 1758)	R	f.	LC	2	0,13	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<i>Euplectes franciscanus</i> (Isert, 1789)	R	f.	LC	13	0,87	Rare	50	Régulière
<b>Estrildidae</b>								

Ordres/Familles/Espèces	Biogéo	Hab	UICN	AR	FR(%)	CA	FO(%)	Oc
<i>Lagonosticta rufopicta</i> (Fraser, 1843)	R	f.	LC	11	0,74	Rare	25	Accessoire
<i>Lagonosticta senegala</i> (Linné, 1766)	R	V/f	LC	28	1,87	Régulière	83,33	Constante
<i>Estrilda melpoda</i> (Vieillot, 1817)	R	f.	LC	30	2,01	Régulière	75	Constante
<i>Estrilda troglodytes</i> (Lichtenstein, 1823)	R	f.	LC	1	0,07	Accidentelle	8,33	Accidentelle
<i>Uraeginthus bengalus</i> (Linné, 1766)	R	V/f	LC	28	1,87	Régulière	100	Omniprésente
<i>Lonchura cucullata</i> (Swainson, 1837)	R	f.	LC	248	16,60	Dominante	91,67	Constante
<b>TOTAUX</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>1494</b>	<b>100 %</b>			

Biogéo : origines biogéographiques ; Hab : Habitat préférentiel ; AR : Abondance relative ; FR : Fréquence relative ; CA : Catégorie d'abondance ; FO : Fréquence d'occurrence ; Oc : Indice d'occurrence ; R : Résident ; M : Migrateur intra-africain ; P : Migrateur du paléarctique ; E : Zones humides ; F : Milieux forestiers divers ; f : Milieux ouverts divers ; V : espèces synantropes ; LC : Préoccupation mineure ; NE : Non évalué

### Composition des catégories supraspécifiques

Les ordres d'oiseaux inventoriés peuvent être subdivisés en deux groupes, avec d'un côté les Passeriformes et de l'autre les Non-Passeriformes. Les Passeriformes sont les plus importants de la communauté. Ils totalisent 21 familles (51,22 %), 56 espèces (50,91 %) et 968 individus (64,79 %) d'oiseaux. Les Non-Passeriformes regroupent un ensemble de 15 ordres, 20 familles (48,78 %), 54 espèces (49,09 %) pour 526 individus (35,21 %) d'oiseaux. Parmi les Non-Passeriformes, les ordres les plus importants, en tenant compte de la richesse spécifique, sont les Columbiformes (10 espèces ; 9,09 %), les Cuculiformes (six espèces ; 5,45 %), les Accipitriformes et les Coraciiformes (cinq espèces chacun ; 4,54 %). En termes d'abondance relative, les ordres les mieux représentés sont les Columbiformes (155 individus ; 10,37 %), les Pelecaniformes (128 individus ; 8,57 %), les Accipitriformes (52 individus ; 3,48 %) et les Cuculiformes (29 individus ; 1,94 %) (Tableau III).

Les familles les plus importantes sur la base de la richesse spécifique sont les Columbidae (10 espèces ; 9,09 %), Cisticolidae (8 espèces ; 7,27 %), Nectariniidae (7 espèces ; 6,36 %), Cuculidae et Estrildidae (6 espèces chacune ; 5,45 %). En tenant compte des abondances, les familles d'oiseaux les plus importantes sont les Estrildidae (346 individus ; 23,16 %), les Columbidae (155 individus ; 10,37 %) ; les Ploceidae (138 individus ; 9,24 %), Les Ardeidae (126 individus ; 8,43 %) et les Corvidae (107 individus ; 7,16 %) (Tableau IV et Figure 2).

**Tableau III.** Composition en familles, espèces et abondance relative des ordres d'oiseaux

Ordres	Nombre familles	Nombre espèces	Abondance relative
Accipitriformes	1	5	52
Apodiformes	1	2	6
Bucerotiformes	1	3	22
Caprimulgiformes	1	3	5
Charadriiformes	2	2	19
Columbiformes	1	10	155
Coraciiformes	2	5	19
Cuculiformes	1	6	29
Falconiformes	1	2	4
Galliformes	1	3	24
Gruiformes	1	1	1
Musophagiformes	1	2	24
Passeriformes	21	56	968
Pelecaniformes	2	3	128
Piciformes	3	4	20
Psittaciformes	1	3	18

### Occurrence et abondance des espèces d'oiseaux du milieu

Les diverses espèces inventoriées dans le milieu ont des indices d'abondance et d'occurrence très variables.

L'indice d'abondance permet de regrouper l'ensemble des espèces en quatre catégories. Les espèces les plus importantes du milieu sont celles classées dans la catégorie dominante. Il s'agit de *Lonchura cucullata* (16,60 %), *Bubulcus ibis* (8,37 %) et *Ploceus cucullatus* (7,76 %). Par ailleurs, la communauté d'oiseaux se compose aussi de 17 espèces régulières (37,75 %) dont les plus remarquables sont *Corvus albus* (4,82 %) et *Spilopelia senegalensis* (4,48 %). La troisième catégorie d'abondance est composée de 60 espèces rares (26,44 %) et parmi elles, on peut citer *Streptopelia semitorquata* (0,87 %), *Atimastillas flavicollis* (0,87 %), *Turdus pelios* (0,87 %) et *Euplectes franciscanus* (0,87 %).

**Tableau IV.** Composition en espèces et abondance des familles d'oiseaux inventoriées sur le campus

Familles	Nbre espèces	Abondance R.	Familles	Nbre espèces	Abondance R.
Accipitridae	5	52	Lybiidae	2	16
Accrocephalidae	1	1	Malaconotidae	5	18
Alaudidae	1	12	Monarchidae	1	4
Alcedinidae	3	7	Motacillidae	2	10
Apodidae	2	6	Muscicapidae	3	12
Ardeidae	2	126	Musophagidae	2	24
Bucerotidae	3	22	Nectariniidae	7	32
Burhinidae	1	2	Oriolidae	1	1
Caprimulgidae	3	5	Passeridae	2	14

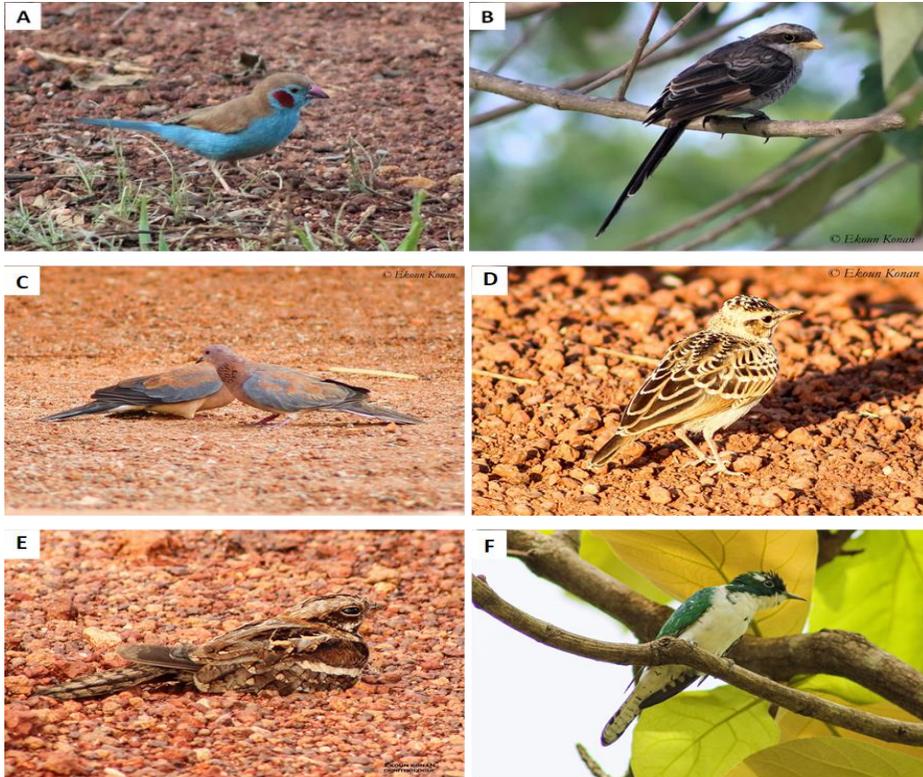
Charadriidae	1	17	Phasianidae	3	24
Cisticolidae	8	46	Picidae	1	3
Columbidae	10	155	Platysteiridae	1	4
Coraciidae	2	12	Ploceidae	5	138
Corvidae	2	107	Psittacidae	3	18
Cuculidae	6	29	Pycnonotidae	3	52
Dicruridae	1	4	Rallidae	1	1
Estrildidae	6	346	Scopidae	1	2
Falconidae	2	4	Sturnidae	3	57
Indicatoridae	1	1	Turdidae	1	13
Laniidae	1	50	Zosteropidae	1	8
Leiothrichidae	1	39			

La dernière catégorie d'abondance est celle des espèces accidentelles au nombre de 30 et qui représentent seulement 3,08 % de l'abondance relative totale (Figure 3).

Sur la base de l'indice d'occurrence, le peuplement renferme 17 espèces omniprésentes (15,45 %). Il s'agit entre autre de *Turtur abyssinicus* (Fr = 0,80 %), *Streptopelia semitorquata* (Fr = 0,87 %), *Centropus senegalensis* (0,80 %), *Pogoniulus chrysoconus* (Fr = 0,33 %) et *Galerida modesta* (0,80 %). Les espèces constantes sont au nombre de 24 (21,82 %), avec notamment *Musophaga violacea* (Fr = 0,54 %), *Chrysococcyx klaas* (Fr = 0,07 %), *Turdoides plebejus* (Fr = 2,61 %), *Ploceus cucullatus* (Fr = 7,76 %) et *Lonchura cucullata* (Fr = 16,60 %). La troisième catégorie d'occurrence est celle des espèces régulières. Elles sont au nombre de 18 (16,36 %), avec des espèces telles que *Cuculus gularis* (Fr = 0,33 %), *Coracias abyssinicus* (Fr = 0,27 %), *Melaenornis edolioides* (Fr = 0,13 %), *Ptilostomus afer* (Fr = 2,34 %) et *Lamprotornis chalcurus* (Fr = 2,01 %).

Ces trois premières catégories d'occurrence renferment les espèces observées au moins pendant la moitié des sessions d'observation ou plus. Pour les espèces observées pendant moins de la moitié des sessions d'observation, nous avons les catégories accessoire et accidentelle.

Les espèces accessoires sont au nombre de 18 (16,36 %) et ont des fréquences d'occurrence comprises entre 25 % et 50 %. Parmi elles, figurent *Micronisus gabar* (Fr = 0,20 %), *Caprimulgus inornatus* (Fr = 0,13 %), *Halcyon malimbica* (Fr = 0,20 %), *Cisticola erythrops* (Fr = 0,33 %) et *Lagonosticta rufopicta* (Fr = 0,74 %). Enfin, les espèces les moins observées appartiennent à la catégorie accidentelle, avec une fréquence d'occurrence inférieure à 25 %. Elles sont au nombre de 33 (30 %) et comptent des espèces telles que *Scopus umbretta* (Fr = 0,13 %), *Treron waalia* (Fr = 0,27 %), *Caprimulgus europaeus* (Fr = 0,07 %), *Cossypha niveicapilla* (Fr = 0,13 %) et *Hedydipna platurus* (Fr = 0,20 %) (Figure 4).

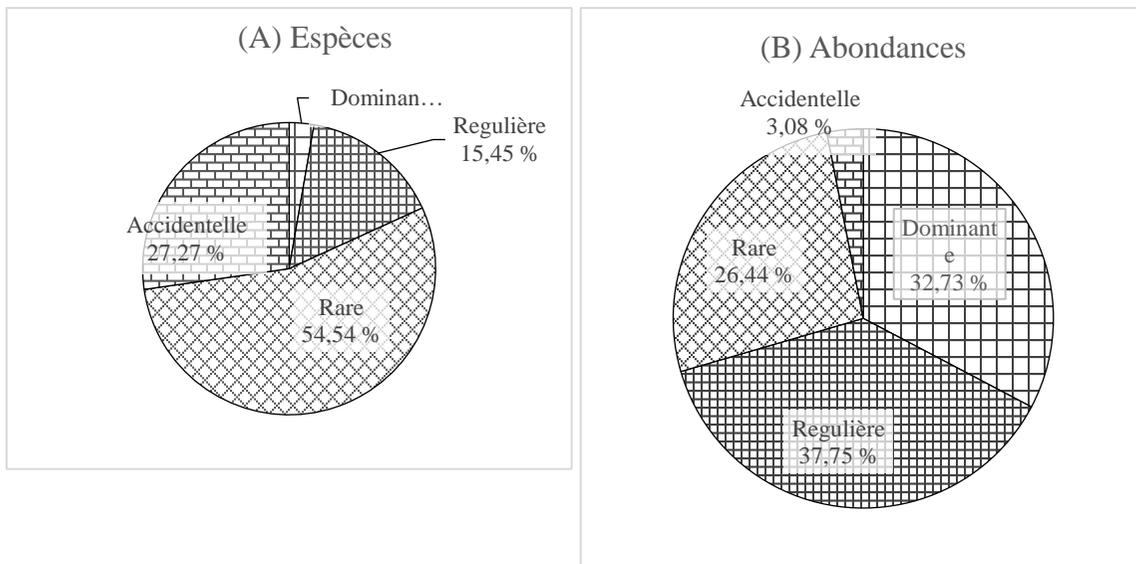


**Figure 2.** Quelques espèces d'oiseaux observées sur le Campus universitaire Peleforo Gon  
Coulibaly d'août 2020 à juillet 2021

- A : Cordonbleu à joues rouges *Uraeginthus bengalus* ;
- B : Corvinelle à bec jaune *Corvinella corvina*
- C : Tourterelles maillées *Spilopelia senegalensis* ;
- D : Cochevis modeste *Galerida modesta*
- E : Engoulevent d'Europe *Caprimulgus europaeus* ;
- F : Coucou de Klaas *Chrysococcyx klaas*

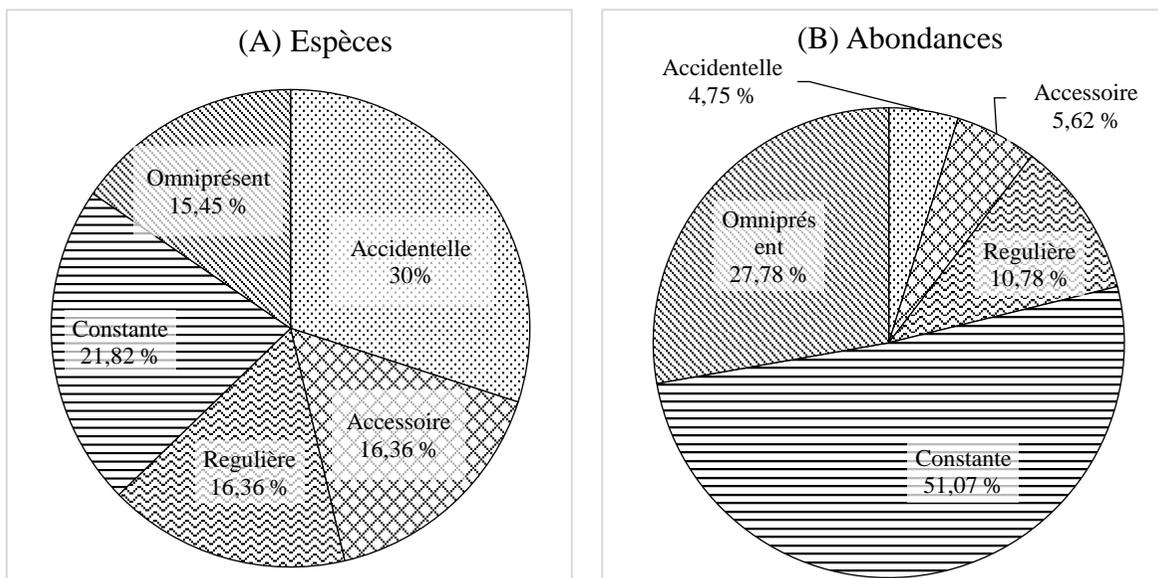
### Habitats préférentiels des oiseaux

La grande majorité des oiseaux du campus sont inféodés aux milieux ouverts (zones broussailleuses et zones bâties). En effet, sur les 110 espèces, 82 (74,54 %) fréquentent ces types d'habitats. Celles-ci concentrent aussi le plus grand nombre d'individus avec 1226 individus d'oiseaux soit 80,06 % de l'ensemble du peuplement. Parmi ces espèces figurent *Ptilopachus petrosus*, *Columba guinea*, *Tchagra senegalus*. Par ailleurs, 20 espèces (18,18 %) regroupant 73 individus (4,89 %) fréquentent naturellement les milieux forestiers ou les zones très boisées. En outre, cinq espèces d'oiseaux d'eau (4,54 %) d'une abondance de 131 individus (8,77 %) ont été inventoriées.



Dominante : Espèce dominante ; Régulière : Espèce régulière ; Accidentelle : Espèce accidentelle ; Rare : Espèce rare

**Figure 3.** Proportion des espèces (A) et de leurs abondances (B) en fonction des fréquences d'abondance relative



Omniprésent : Espèce omniprésente ; Constante : Espèce constante ; Régulière : Espèce régulière ; Accessoire : Espèce accessoire ; Accidentelle : Espèce accidentelle

**Figure 4.** Proportion des espèces (A) et de leurs abondances (B) en fonction des fréquences d'occurrence

Enfin, trois espèces (2,73 %) associées aux milieux anthropisés et qualifiées d'espèces anthropophiles ont été inventoriées sur le campus. Ces dernières regroupent un total de 64 individus soit 4,28 % du peuplement. Il s'agit de *Passer griseus*, *Lagonosticta senegala* et *Uraeginthus bengalus*.

### **Origines biogéographiques des oiseaux**

Sur l'ensemble des espèces ayant fréquentées le milieu au cours de l'étude, la grande majorité soit 92 espèces (83,64 %) pour un total de 1276 individus (85,41 %) est résidente en Côte d'Ivoire. On dénombre, par ailleurs, six espèces (5,45 %) migratrices intra-africaines pour un total de 22 individus (1,47 %). Il s'agit de *Clamator levaillantii*, *Cuculus gularis*, *Caprimulgus longipennis*, *Coracias abyssinicus*, *Hedydipna platurus* et *Oriolus auratus*. Seulement 02 des espèces (1,82 %) inventoriées sont migratrices du paléarctique, avec une abondance relative de seulement 02 individus (0,13 %). Ce sont *Caprimulgus europaeus* et *Hippolais polyglotta*. Par ailleurs, le peuplement comprend 09 espèces (8,18 %) qui sont à la fois résidentes et migratrices, avec une abondance relative de 193 individus (12,92 %). Il s'agit entre autre de *Bubulcus ibis*, *Milvus migrans*, *Chrysococcyx caprius*, *Halcyon senegalensis*, *Coracias naevius*. Et enfin, il y a le cas particulier de *Streptopelia decipiens* dont l'origine biogéographique n'est pas clairement élucidée en Côte d'Ivoire.

### **Statut de menace**

La communauté d'oiseaux du campus ne comprend aucune espèce menacée au plan international. La quasi-totalité des espèces est de la catégorie préoccupation mineure (LC). Seule l'espèce *Indicator conirostris* appartient à la catégorie non évaluée (NE).

### **Discussion**

Les résultats obtenus dans cette étude constituent les premières données de l'avifaune urbaine de Korhogo mais aussi de la zone septentrionale de la Côte d'Ivoire, hormis les travaux effectués dans la zone humide du barrage de Koko (Niamien *et al.*, 2019 ; 2020). La richesse spécifique obtenue au cours de cette étude est importante. Cette richesse spécifique serait favorisée par la pluralité des habitats sur le campus qui permettent à des oiseaux à niches écologiques différentes de cohabiter sur le même site comme l'on démontré Konan *et al.* (2021) sur le campus de l'université Félix HOUPHOUET-BOIGNY. En effet, il est connu des écologues que la richesse spécifique croît avec la diversité des habitats comme le soulignent Levêque et Paugy (1999) ; Lougbégnon et Codjia (2011) et Konan *et al.* (2021).

De toutes les espèces inventoriées sur le campus, une attire particulièrement l'attention. En effet, la tourterelle pleureuse *Streptopelia*

*decipiens* est une espèce d'oiseau indiquée comme absente de la Côte d'Ivoire par les instances ornithologiques au plan international (Borrow et Demey, 2015 ; BirdLife International, 2022). L'espèce est également présente sur le site du campus où elle a été formellement identifiée. Elle a été aussi observée dans la ville de Korhogo et ses environs au cours de plusieurs sorties ornithologiques. Il est alors possible d'affirmer avec certitude que *Streptopelia decipiens* est une espèce présente dans le Nord de la Côte d'Ivoire, comme l'on également constaté Niamien *et al.* (2020), dans une étude réalisée sur le barrage urbain de Koko à Korhogo.

La forte richesse spécifique observée est aussi le fait de la durée d'échantillonnage comportant 48 sessions d'inventaire en un an. Cela expliquerait le fait que plus de la moitié des espèces enregistrées ont une fréquence d'occurrence supérieure ou égale à 50 %, traduisant que plus de la moitié des espèces en présence est effectivement inféodée au milieu car elles y sont régulièrement observées. De plus seulement 10 espèces d'oiseaux ont été observées une seule fois et en un seul exemplaire sur le campus. L'intensité d'échantillonnage est très importante et influence significativement l'occurrence et la fréquence relative des espèces (Frelin, 1982 ; Nichane et Khelil, 2014).

Les espèces omniprésentes (17 espèces) et constantes (24 espèces) semblent s'accommoder du milieu urbain. Elles pourraient être considérées comme des espèces anthropophiles ou synanthropes même si seulement trois d'entre elles (*Passer griseus*, *Lagonosticta senegala* et *Ureaginthus bengalus*) sont véritablement synanthropes. La présence des autres espèces s'expliquerait par la présence d'une mosaïque de zones bâties et non bâties. Ce qui favoriserait les déplacements des oiseaux des milieux moins anthropisés vers les zones fortement urbanisées et vice versa (Lougbeignon et Codjia, 2011 ; Konan *et al.*, 2014 ; Godet, 2017 ; Issiaka *et al.*, 2018). Cependant, vu les mutations en cours au niveau de l'écologie et de l'éthologie des oiseaux sauvages, il est important pour ces espèces de déterminer leur indice de synanthropie afin de mieux appréhender l'influence des transformations des terres sur la distribution des oiseaux sauvages.

Le peuplement d'oiseaux observé sur le campus comprend seulement trois espèces dominantes mais qui représentent à elles seules 32,73 % des individus. Ces espèces ont en commun le fait qu'elles sont toutes constantes et grégaires. En effet, *Ploceus cucullatus* et *Lonchura cucullata* sont des espèces granivores dont la présence sur le campus se justifierait par la présence d'une part des graminées sauvages mais aussi par la présence des cultures céréalières pratiquées sur le campus. Quant à la troisième espèce dominante, *Bubulcus ibis*, sa présence sur le campus serait liée à l'existence à l'échelle du campus de vastes zones herbeuses riches en insectes dont se nourrissent ces hérons. Sur cette base, il est possible d'affirmer que les milieux anthropisés ou

urbanisés semblent être favorables aux oiseaux grégaires à régimes granivores ou insectivores (Kark *et al.*, 2006).

Parmi les espèces strictement migratrices, cinq ont été observées une seule fois. Ce serait probablement des espèces en transition qui auraient utilisé le campus comme un air de repos, avant la poursuite de leur transit. Seuls les trois migrateurs (*Clamator leucomelas*, *Cuculus gularis* et *Coracias abyssinicus*) qui ont été observées durant la moitié de toutes les sessions d'inventaires peuvent être considérés comme réellement inféodés au milieu. Le faible nombre d'espèces migratrices en milieu urbain a été également observé par Zéan *et al.* (2018) sur le campus de l'Université de Daloa. Cela dénoterait que les milieux urbains seraient moins propices aux oiseaux migrateurs même si une faible portion d'entre elles s'y installent.

## **Conclusion**

Cette étude initiale réalisée sur le campus de l'université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, a permis de déterminer pour la première fois la diversité des oiseaux dudit campus et partant de déterminer l'intérêt de ce site urbain pour les oiseaux dans la partie Nord de la Côte d'Ivoire. L'inventaire qui s'est déroulé sur un cycle annuel sur la totalité de la surface du campus a permis d'inventorier une importante diversité d'oiseaux. Les espèces des milieux ouverts et les espèces résidentes en Côte d'Ivoire sont de loin les plus importantes. A l'échelle du campus, cette diversité est très importante. Elle serait rendue possible d'une part par la pluralité d'habitats sur le campus et d'autre part par la situation du campus dans une zone peu bâtie permettant probablement encore les échanges par le biais des corridors écologiques. Par ailleurs, au-delà de cette importante diversité obtenue à la suite d'un suivi régulier, il est également très important de déterminer les changements de richesse spécifiques et d'abondances qui s'opèrent dans le peuplement au cours du temps. De même, il est primordial de déterminer comment ces espèces utilisent les divers habitats offerts. Le campus ayant subi d'importants travaux après la récolte de données, de telles données associées à un suivi régulier peuvent aider à une meilleure compréhension du rôle du campus, en tant que milieu urbains dans la dynamique des oiseaux en ville.

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

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

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

## References:

1. Balembois, E., Sirven, L. & Chafii, N. (2022). Les villes peuvent-elles devenir autonomes sur le plan alimentaire ? Le cas de Paris. *Annales des Mines - Gérer et comprendre*, 147, 21-36. <https://doi.org/10.3917/geco1.147.0021>
2. Bennun, L., Dranzoa, C., & Pomeroy, D. (1996). The forest birds of Kenya and Uganda. *Journal of East African Natural History*, 85(1), 23-48. [https://doi.org/10.2982/0012-8317\(1996\)85\[23:TFBOKA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2982/0012-8317(1996)85[23:TFBOKA]2.0.CO;2)
3. BirdLife International. (2022). Country profile: Côte d'Ivoire. BirdLife International. <http://datazone.birdlife.org/country/cote-divoire>
4. Blondel, J., Ferry, C., & Frochot, B. (1970). La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) pour des relevés d'avifaune par "station d'écoute". *Alauda*, 38, 55-71.
5. Borrow, N., & Demey, R. (2008). *Guide des oiseaux de l'Afrique de l'Ouest*. Delachaux et Niestlé S.A. 511 p.
6. Borrow, N., & Demey, R. (2015). *Oiseaux de l'Afrique de l'Ouest*. Delachaux et Niestlé. 511 p.
7. Borrow, N., & Demey, R. (2001). *Field Guide to the Birds of Western Africa*. Christopher Helm. 832 p.
8. Chappuis, C. (2000). *Oiseaux d'Afrique, 15 CDs*. Société d'étude Ornithologique.
9. Dajoz, R. (1985). *Précis d'écologie*. Dunod, Paris. 489 p.
10. Frelin, C. (1982). La relation fréquence-abondance. Aspects théoriques ; application a un peuplement d'oiseaux. *Terre et Vie*, 36, 435-464.
11. Gill, F., Donsker, D., & Rasmussen, P. (2022). *IOC World Bird List (v 12.1)*. DOI : 10.14344/IOC.ML.12.1.
12. Godet, L., (2017). Les oiseaux anthropophiles : définition, typologie et conservation. *Annales de Géographie*, 716, 492-517. <https://doi.org/10.3917/ag.716.0492>
13. Issiaka, Y., Hassane Hamani, S., Abdourahamane Illiassou, S., & Awaiiss, A. (2018). Distribution et diversité de la faune aviaire de la ville de Niamey et de sa principale zone humide, le fleuve Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(6), 2626-2643. <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i6.13>
14. IUCN. (2022, 26 décembre). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <https://www.iucnredlist.org>
15. Kark, S., Iwanuik, A., Schalimtzek, A., & Banker, E. (2006). « Living in a city: can anyone become 'an urban exploiter'? ». *Journal of Biogeography*, 34, 638-651. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01638.x>

16. Konan, E.M., & Yaokokoré-Béibro, K.H. (2015). Variation temporelle du peuplement aviaire des écosystèmes lacustres de la ville de Yamoussoukro, centre de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(6), 2566-2581. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i6.5>
17. Konan, E.M., Guétondé, V.F., Niamien, C.J.M., & Yaokokoré-Béibro, K.H. (2021). Variation within the Bird Community of a Rehabilitated Urban Environment, Case of the Félix Houphouët-Boigny University Campus (Côte d'Ivoire). *Asian Journal of Applied Sciences*. 9(4), 275-284. <https://doi.org/10.24203/ajas.v9i4.6651>
18. Konan, E.M., Yaokokoré-Béibro, K.H., & Odoukpé, K.S.G. (2015a). Richesse spécifique et abondance des oiseaux des dix Lacs Urbains de la ville de Yamoussoukro, dans le centre de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 10(1), 217-225.
19. Konan, E.M., Yaokokoré-Béibro, K.H., Kouadio, K.P., Odoukpé, K.S.G. & Koué B.T.M. (2015b). Avifaune d'un milieu forestier perturbé par la cacaoculture au centre-ouest de la Côte d'Ivoire : la Forêt Classée de la Téné. *Agronomie Africaine*, 27(3), 189-200.
20. Konan, E.M., Yaokokoré-Béibro, K.H., Odoukpé, S.G.K., & Kouadja, K.E.S. (2014). Avifaune de la ville de Yamoussoukro, centre de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 10(33), 63-75. <https://doi.org/10.19044/esj.2014.v10n33p%25p>
21. Konaté, S., & Kampmann, D. (2010). *Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome III : Côte d'Ivoire*. Frankfurt Am Main [DEU] : Goethe universität
22. Kouadio, K.P., Yaokokoré-Béibro, K.H., Odoukpé, K.S.G., Konan, E.M., N'Guessan, A.M., & Kouassi, K.P. (2014). Diversité avifaunique de la forêt classée de N'Ganda N'Ganda (Sud-est de la Côte d'Ivoire). *Afrique Sciences*, 10(1), 181-193
23. Lévêque, C. (2022). *Erosion de la biodiversité: enjeux et débats*. ISTE Group. 272 p.
24. Lévêque, C., & Paugy, C. (1999). *Les poissons des eaux continentales africaines*. IRD. 564 p.
25. Loughbégnon, T.O., & Codja, J.T. (2011). Avifaune urbaine de Cotonou et sa distribution en relation avec les facteurs de l'habitat : Implications pour l'aménagement écologique de la ville. *Afrique Sciences*, 7(1), 116-136
26. Niamien, C.J.M., Konan, E.M., Kouadja, K.E.S., Yaokokoré-Béibro, K.H., & N'Goran, K.E. (2020). Spatial distribution of the community of birds of the Koko urban dam and its surroundings (Korhogo, Côte

- d'Ivoire). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 17(2), 80-93
27. Niamien, C.J.M., Konan, E.M., Odoukpé, S.G.K., Yaokokoré-Béibro, K.H., & N'Goran, K.E. (2019). Premières données sur les variations saisonnières de la communauté d'oiseaux du barrage urbain de Koko (Korhogo, Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 41(2), 6926-6939. <https://doi.org/10.35759/JAnmPISci.v41-2.6>
  28. Nichane, M., & Khelil, M.A. (2014). Arthropodofaune recensée par la méthode des pots barber dans la forêt de Tamerchalet (Marsa Ben M'hidi – Tlemcen). *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies*, 24, 93 - 111
  29. Odoukpé, K.S.G., Konan, E.M., Danho M. et Yaokokoré-Béibro K.H. 2020. Oiseaux des champs de riz de Morofé, District de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 29(4), 1253-1263.
  30. Okon, O.M., Konan, E.M., Kouadio, K.P., & Yaokokoré-Béibro, H.K. (2018). Diversité, abondance et distribution des touracos (Musophagidae) dans quelques milieux naturels du centre et du sud-est de la Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(4), 1851-1864. <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i4.26>
  31. Okon, O.M., Kouadio, K.P., Konan, E.M., & Yaokokoré-Béibro, H.K. (2019). Influence saisonnière des ressources alimentaires sur la distribution des touracos (Musophagidae) dans quelques milieux naturels du Centre et du Sud-est de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 139, 14167 – 14177. <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v139i1.4>
  32. Sangaré, N., Doho Bi Tchan, A., Kouakou, B., & Koffi B.E. (2021). Dynamique urbaine et gouvernance des quartiers périurbains dans la ville de Korhogo (Côte d'Ivoire) de 2002 à 2020. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, 1, 111-123.
  33. Thiollay, J.M. (1986). Structure comparée du peuplement avien dans trois sites de forêt primaire en Guyane. *Terre et Vie*, 41, 59-105.
  34. Yaokokoré-Béibro, K.H. (2001). *Avifaune des forêts classées de l'Est de la Côte d'Ivoire : données sur l'écologie des espèces et effet de la déforestation sur les peuplements. Cas des forêts classées de la Béki et de la Bossématié (Abengourou)*. [Thèse Unique de Doctorat non publiée]. Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire.
  35. Yaokokoré-Béibro, K.H. (2010). Oiseaux du Parc national des Iles Ehotilé, sud-est Côte d'Ivoire. *Malimbus*, 32, 89-102.

36. Yaokokoré-Béibro, K.H., Konan, E.M., & Kouadio, K.P. (2015a). Diversité et abondance des oiseaux de la forêt classée de la Téné, Centre-Ouest Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Sciences*, 24, 1-11.
37. Yaokokoré-Béibro, K.H., Koné, Y.S., Odoukpe, K.S.G., & Gueye, M.F. (2015b). Avifaune d'un milieu marécageux urbain dans la commune de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 18(1), 1-10.
38. Yaokokoré-Béibro, K.H., Gueye, F.M., Koné, Y.S., & Odoukpé, S.G.K. (2015c). Biodiversité ur-baine des Oiseaux dans la Zone humide d'Importance Internationale de Grand-Bassam (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 11(2), 339-349.
39. Zéan, G.M., Ahon, D.B., & Koffi B.J.-C. (2018). Peuplement avifaunique du Campus Universitaire Jean Lorougnon Guédé, Daloa et sa périphérie (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(6), 2503-2518. <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i6.4>

## Exploración de una Técnica Enológica para la Elaboración de Vino a partir de Uva Silvestre *Vitis tiliifolia* en Ambientes Controlados

**Marco Antonio Rosas-Leyva**

Maestro en Administración con Formación en Organizaciones

**Isaac Sánchez-Anastacio**

Maestro en Ingeniería Industrial

**Julio Díaz-José**

Doctor en Problemas Económico-Agroindustriales, SNI

**Juan Carlos Rojas-Martínez**

Maestro en Ciencias

**Francisco Javier Mejía-Ochoa**

Doctor en Ciencias de la Gestión Estratégica, SNI

Docentes Investigadores del Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico Superior de Zongolica

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p185](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p185)

Submitted: 03 August 2023

Accepted: 30 August 2023

Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Rosas-Leyva M.A., Sánchez-Anastacio I., Díaz-José J., Rojas-Martínez J.C. & Mejía-Ochoa F.J. (2023). *Exploración de una Técnica Enológica para la Elaboración de Vino a partir de Uva Silvestre Vitis tiliifolia en Ambientes Controlados*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 185. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p185>

### Resumen

Este estudio tuvo como objetivo validar una técnica de fermentación de uva silvestre como un enfoque viable para producir vino artesanal. Se preparó un lote de 20 kg de mosto de *Vitis tiliifolia* con adición de sacarosa y microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*). Se investigaron varios factores, incluido el tiempo (8, 10 y 12 días), °Brix inicial (18, 20 y 22), Mg de *Saccharomyces cerevisiae* (6, 8, 10) y temperatura (22 °C, 24 °C y 26 °C). El experimento comprendió 243 corridas experimentales con un experimento y dos repeticiones. Los resultados demostraron que las condiciones óptimas para la producción de vino en ambientes controlados se encontraron con °Brix inicial de 22, tiempo de fermentación de ocho días, temperatura de 22 °C y una dosis de 6 mg de *Saccharomyces cerevisiae*. Estos parámetros llevaron a la producción de vino con características deseables. Esta

novedosa técnica de fermentación de uvas silvestres ofrece una alternativa prometedora para la producción artesanal de vino, principalmente debido a su potencial para reducir los costos de producción a escala. Los hallazgos de esta investigación tienen un interés sustancial para las partes interesadas de la industria, los productores de vino y los académicos por igual, lo que enfatiza la importancia y el impacto potencial de este estudio.

---

**Keywords:** Wild Grape Fermentation, Artisanal Wine, Optimization, Saccharomyces Cerevisiae

---

## **Exploration of an Oenological Technique for the Production of Wine from Wild Grape *Vitis tiliifolia* in Controlled Environments**

***Marco Antonio Rosas-Leyva***

Maestro en Administración con Formación en Organizaciones

***Isaac Sánchez-Anastacio***

Maestro en Ingeniería Industrial

***Julio Díaz-José***

Doctor en Problemas Económico-Agroindustriales, SNI

***Juan Carlos Rojas-Martínez***

Maestro en Ciencias

***Francisco Javier Mejía-Ochoa***

Doctor en Ciencias de la Gestión Estratégica, SNI

Docentes Investigadores del Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico Superior de Zongolica

---

### **Abstract**

This study aimed to validate a wild grape fermentation technique as a viable approach for producing artisanal wine. A batch of 20 kg of *Vitis tiliifolia* must was prepared with the addition of sucrose and microorganisms (*Saccharomyces cerevisiae*). Various factors were investigated, including time (8, 10, and 12 days), initial °Brix (18, 20, and 22), Mg of *Saccharomyces cerevisiae* (6, 8, 10), and temperature (22 °C, 24 °C, and 26 °C). The experiment comprised 243 experimental runs with one experiment and two replicates. Results demonstrated that the optimal conditions for wine production in controlled environments were found at an initial °Brix of 22, a fermentation time of eight days, a temperature of 22 °C, and a dosage of 6 mg of *Saccharomyces cerevisiae*. These parameters led to the production of wine with desirable characteristics. This novel wild grape fermentation technique offers a promising alternative for artisanal wine production, primarily due to

its potential for reducing production costs at scale. The findings of this research hold substantial interest for industry stakeholders, wine producers, and academic scholars alike, thereby emphasizing the significance and potential impact of this study.

---

**Palabras clave:** Fermentación de Uva Silvestre, Vino Artesanal, Optimización, *Saccharomyces Cerevisiae*

## Introducción

Los frutos originados de forma silvestre son poco estudiados y la industria de alimentos desaprovecha su potencial debido al desconocimiento sobre los beneficios que puede aportar a la especie humana (Orozco & Romero, 2020; Simpalo *et al.*, 2020). La uva es un cultivo de relevancia comercial para el mundo, es delicioso y posee alto contenido en glucosa, entre los compuestos bioactivos que posee se encuentran: fenoles, taninos, antocianinas, flavonoides y antioxidantes.

La uva silvestre se caracteriza de la siguiente forma: a) piel 23.8 %; b) pulpa 60.4 %; c) semilla 15.8 %. De la uva también existen otros productos agroindustriales: complejos vitamínicos, chocolates rellenos con jalea de uva silvestre, bebidas nutracéuticas, yogurt, bebidas dietética, vino, protectores solares, complemento para la alimentación (polvo) extracción de la cáscara, té medicinal, bebidas gaseosas, tensoactivos (Jiang *et al.*, 2009; Ayala, 2011; Myles *et al.*, 2011; Liang *et al.*, 2012; Monroy, 2021). España, Francia e Italia concentran la mayor parte de la industria vitivinícola internacional. Estos países cuentan con amplias superficies cultivadas para producir uva y elaborar vinos, en ese sentido, con base en el año 2017, la producción mundial de uva fue de 78,034,332 toneladas, obtenidas en una superficie cosechada de 6,950,930 hectáreas, por lo que el rendimiento promedio quedó en 11.2 toneladas por hectárea (FAO & WTO, 2017). En la última década, nuevos países como Estados Unidos, China, Australia, Argentina se han ido consolidando en este sector, disminuyendo el peso de los países europeos (Portela, 2013).

En México se cultivan 37,000 hectáreas que producen casi medio millón de toneladas de todas las vocaciones: uva de mesa, uva pasa, uva para jugos y concentrados, uva para vino y uva para brandy, de esta cantidad, 12.5 % se utiliza para la elaboración de vinos (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2018). A pesar de la importancia comercial de la uva, los procesos industrializados para convertirla en vino son costosos debido a los siguientes puntos: 1) trasplante de sarmientos y 2) desaprovechamiento de la uva silvestre, lo que genera impactos negativos socioeconómicos para los productores (Huertas, 2004; Erice, 2021). Por tanto, la uva silvestre puede ser una alternativa potencial para la producción de vinos artesanales y generación

de recursos económicos para los vinicultores (Juárez *et al.*, 2017). Debido a su alto contenido de fenoles, antocianinas, flavonoides y taninos (Gaona *et al.*, 2010), el vino es considerado un alimento funcional y su consumo moderado ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares, anticancerígenas, entre otras.

Actualmente, existen diferentes técnicas para la transformación de la uva en vino; por ejemplo, Extracción Diferida de Antocianos y Maceración Extendida “EDA+ME” (González *et al.*, 2015); Enológicas (Mamani, 2013); Fermentación Alcohólica Isotérmica (Miño *et al.*, 2015); y Métodos Lamadon y Saint – Cricq (Bautista, 2008). Estas técnicas tienen las desventajas de ser altamente costosas para su operación e inaccesibles a los productores (Wyss & Elzakker, 2005).

Las técnicas de fermentados por excelencia son las enológicas (Moreno, 2013). Estas requieren de maquinaria de laboratorio especializada, lo que implica un aumento en los costos operativos (Alturria *et al.*, 2008). La industria alimentaria busca resultados sensoriales más rápidos y desde un enfoque pragmático (Ramírez, 2012). Yllanes (2016), identificó que las pruebas en ambientes controlados son una opción viable para fermentar, y la información que generan puede ser esencial para tomar decisiones. En ese sentido, la Técnica Enológica en Ambientes Controlados (TEAC) para fermentar uva, puede ser una opción interesante y funcional para estandarizar su reproducción en ambientes normalizados.

La TEAC es una estrategia significativa para elaborar vino artesanal; se puede realizar en espacios convencionales, es fácil de llevarse a cabo y permite la fermentación de la uva silvestre (*Vitis tiliifolia* de control contra otras muestras de *Vitis tiliifolia*) y los resultados son funcionales para áreas de fermentación de alimentos, tales como acética, alcohólica y maloláctica (Cunha *et al.*, 2019; Paramithiotis *et al.*, 2022). Para desarrollar la TEAC, se debe capacitar a los participantes respecto a los niveles de maduración de frutos, porque es esencial conocer la relación entre los sólidos totales y el porcentaje de acidez titulable, pues estos afectan la calidad del vino, en cuanto a la concentración de alcohol, color, sabor, aroma (Villarroel & Espinoza, 2019). Por todo lo anterior, el objetivo de este estudio fue desarrollar una propuesta de fermentación de uva silvestre usando la TEAC para elaborar vino artesanal.

## **Método**

Se utilizó uva silvestre (*Vitis tiliifolia*) con 8 °Brix iniciales y un pH 5. Con base en lo anterior, el 27 de noviembre 2022, se recolectó en la comunidad de Ocotempa del municipio de Tequila, Veracruz, México (18°44'09" latitud Norte y 97°01'54" longitud Oeste), con una altura de 1,741 metros sobre el nivel del mar, su clima es templado-húmedo-extremoso, con una temperatura

media anual de 18° C, lluvias abundantes en verano y principios de otoño, con menor intensidad en invierno; su precipitación pluvial media anual es de 1,496 mm, el tipo de suelo es rendzina, el cual se caracteriza por ser arcilloso con alta susceptibilidad a la erosión a causa de las fuertes pendientes. También, se recolectó el 29 de noviembre en la localidad de Xochiojca del municipio de Zongolica, Veracruz, México (18°37'50" latitud Norte y 96°55'3" longitud Oeste), con una altura de 1,009 metros sobre el nivel del mar, su clima es templado-húmedo-extremoso con una temperatura promedio de 17.4°C; su precipitación pluvial media anual es de 2,270.1 mm, el tipo de suelo tiene una textura de arcilla: arenosa-limosa.

En la obtención del vino se llevaron a cabo las siguientes etapas: 1) Prensado, se realizó con una prensa vertical de tornillo, de tipo experimental, para lo cual la *Vitis tiliifolia* debe estar fría, se conserva antes del prensado en una cámara fría a una temperatura entre 5 a 10 °C, para obtener un total de 20 kg de mosto, (Pszczólkowsky y Ceppi, 2011a); 2) Acondicionamiento con agua destilada y azúcar comercial y; 3) regulación a un pH a 3.2 con metabisulfito al 10 %, el cual se dejó reposar 24 horas antes de su fermentación. Posteriormente, se adicionó *Saccharomyces cerevisiae* (Anfiquímica, España) que fue previamente activada en una solución de agua destilada (1 g biomasa seca hL<sup>-1</sup>) a 37 °C en una estufa de incubación modelo ICB 18 Litros por un tiempo 30 minutos. Coronel (2011a), establece como factores y niveles para una propuesta de elaboración de vino a partir de mora de Castilla los siguientes: °Brix (15, 20, 25); temperatura °C (15, 20 y 25), analizando la evolución de su experimento durante 15 días y ocupando la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Con base en ello, se utilizaron los siguientes factores: a) Tiempo (8, 10 y 12 días); b) °Brix inicial (18, 20 y 22); c) mg de *Saccharomyces cerevisiae* (6 mg, 8 mg y 10 mg); d) Temperatura (22, 24 y 26 °C) estos factores se determinaron de acuerdo con Pszczólkowsky y Ceppi (2011b). PH, temperatura y concentración inicial de azúcar son factores que impactan en el tiempo de concentración y concentración de etanol obtenido. El rango recomendado debe estar entre los 14 y 23 °Brix. (López et al., 2018). Para evaluar la fermentación, durante todo el proceso (8, 10 y 12 días) se determinaron los grados Brix con un refractómetro marca Hannan, modelo HI98319 de la empresa Hanna Instruments. El diseño experimental es factorial completo al azar, con cuatro factores y tres niveles cada uno, considerando tres réplicas por cada corrida. Los resultados obtenidos se procesaron mediante Análisis de Varianza (ANDEVA) y prueba de comparación de medias (prueba de Tukey, p≤0.05) (Cheluca et al., 2016). Para el análisis estadístico se utilizó el programa RStudio versión 2021 que es de acceso libre (RStudio, 2022).

## Resultados y Discusión

Los resultados del experimento desarrollado y analizado por ANDEVA (Tabla 1), indican que los cuatro factores considerados en el análisis son significantes al 1%: °Brix inicial, levadura, tiempo y temperatura; además de la combinación de °Brix inicial-temperatura; que es significativa al 5%. Lo anterior refuerza que la selección inicial de los factores fue la adecuada, aunado a la propuesta de estos cuatro factores por Coronel (2011b).

**Tabla 1.** ANOVA del experimento del vino

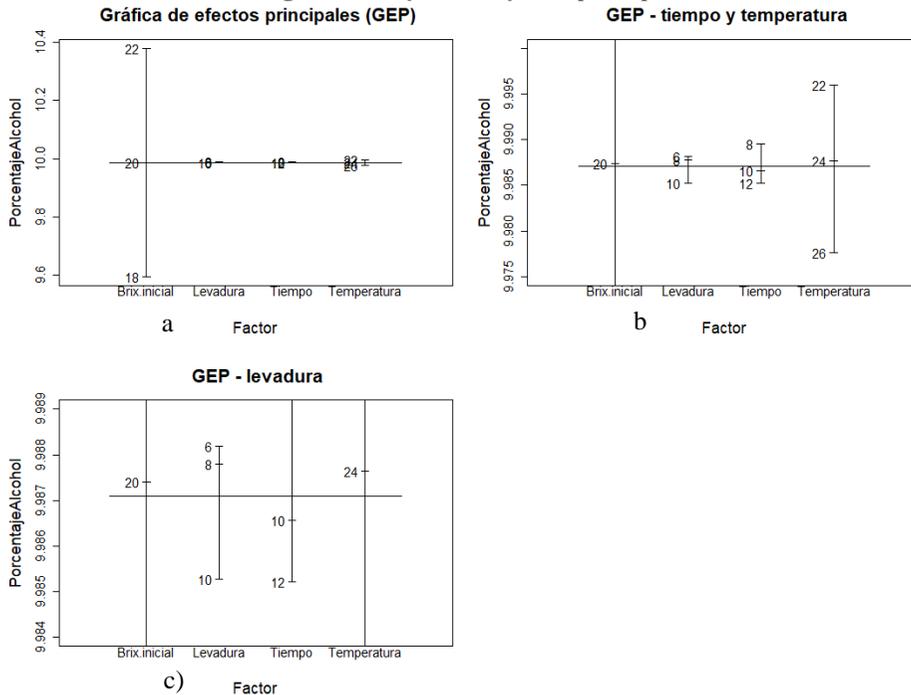
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Value	Pr (> F)
Brix.inicial	2	24.774	12.387	1.84E+06	< 2.00E-16 ***
Levadura	2	0	0	3.02E+01	5.21E-12 ***
Tiempo	2	0.001	0	5.78E+01	< 2.00E-16 ***
Temperatura	2	0.014	0.007	1.01E+03	< 2.00E-16 ***
Brix.inicial:Levadura	4	0	0	5.43E-01	0.70434
Brix.inicial:Tiempo	4	0	0	7.38E-01	0.56699
Brix.inicial:Temperatura	4	0	0	3.87E+00	0.00483 **
Levadura:Tiempo	4	0	0	1.20E+00	0.31067
Levadura:Temperatura	4	0	0	1.70E+00	0.15297
Tiempo:Temperatura	4	0	0	5.61E-01	0.6913
Brix.inicial:Levadura:Tiempo	8	0	0	9.28E-01	0.49441
Brix.inicial:Levadura:Temperatura	8	0	0	1.01E+00	0.43295
Brix.inicial:Tiempo:Temperatura	8	0	0	9.47E-01	0.47961
Levadura:Tiempo:Temperatura	8	0	0	4.13E-01	0.91228
Residuals	178	0.001	0		

*Fuente:* Elaboración propia con base en el software R Studio v2021.09.0

Con el análisis de Tukey, se analizaron los resultados obtenidos mediante la comparación de medias de los tres niveles de cada uno de los 4 factores, empezando con los °Brix (niveles de °Brix: 18, 20 y 22), existe una relación entre los pares de 18-20 y 20-22, en contraste, en los pares 18-22 no hay semejanza con respecto a su diferencia de medias. Con respecto a la diferencia de medias de los niveles de levadura (6, 8 y 10 mg), existe una relación entre los pares 6-10 y 8-10, sin embargo, no hay semejanza con los pares 6-8. Comparando ahora los tres niveles del factor tiempo (8, 10 y 12 días), los pares 8-10, 8-12 y 10-12 tienen una semejanza con respecto a su diferencia de medias. Por último, considerando los niveles del factor temperatura (22, 24 y 26°C), solo existe una ligera relación entre los pares de 22-24 y 24-26, y no hay una relación entre 22-26.

En la Figura 1, se muestran las gráficas de los efectos principales, se realizaron 3 gráficas para poder visualizar los efectos generados por cada factor con la finalidad de poder respaldar lo indicado estadísticamente en el ANDEVA del experimento (Tabla 1). Tomando como base lo mostrado en las gráficas de la Figura 1 (a, b, c), se describen los siguientes resultados de acuerdo al inciso de cada gráfica:

**Figura 1. Gráficas de efectos principales**



**Fuente:** Elaboración propia con base en el software R Studio v2021.09.0

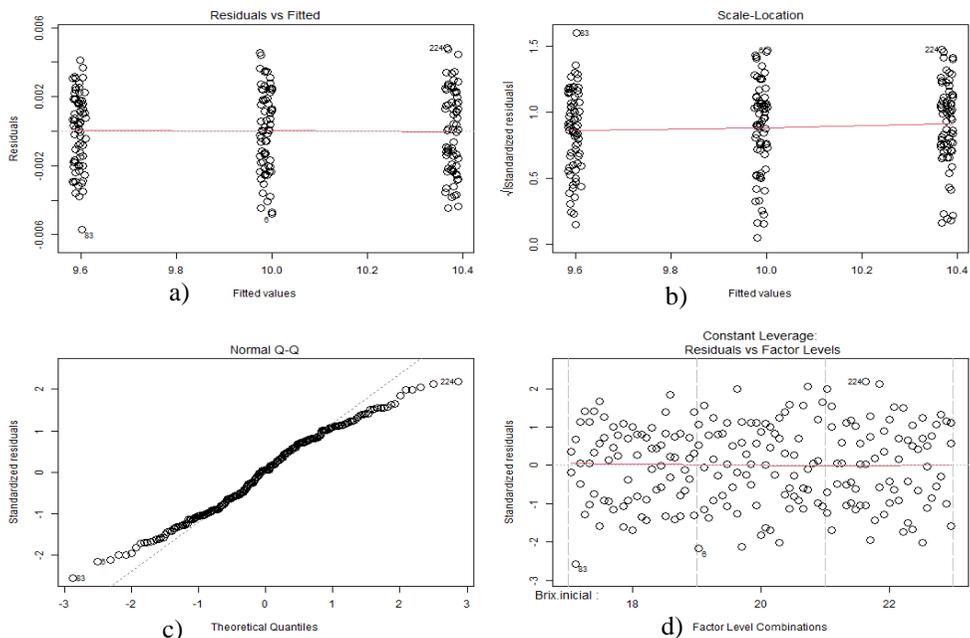
- a) Los 4 factores Brix.inicial, levadura, tiempo y temperatura son significantes en la variable de respuesta “porcentaje de alcohol”. El factor Brix.inicial es el que mejor se visualiza en está gráfica, el nivel que infiere en un porcentaje mayor de alcohol de este factor es el de 22° Brix iniciales.
- b) La gráfica b, permite visualizar los efectos de los factores tiempo y temperatura, identificando que los niveles: 8 días y 22°C respectivamente, son los que proporcionan mayor porcentaje de alcohol en el vino.

c) En la gráfica c, al ampliar la escala en el valor del porcentaje de alcohol, se concluye que el valor de 6 mg de levadura, proporciona un más porcentaje de alcohol.

De los resultados obtenidos, el valor promedio del porcentaje de alcohol de los experimentos realizados fue de 9.98 % con una desviación estándar de 0.32, este valor es menor al indicado por la NOM-159 (2004), que indica: un vino debe estar entre 10 y 13 % de alcohol. Dentro de las corridas experimentales, los niveles indicados en los incisos a, b y c mencionados con anterioridad, se obtuvo un promedio de 10.39 % de alcohol, cuyo valor está dentro de los parámetros de la norma.

En la figura 2, se muestran las gráficas a), b), c) y d) de los residuos. En a) y b) se representan los residuos y residuos estandarizados respectivamente, se aprecia que los residuos se muestran en 3 grupos, esto debido a que el factor Brix.inicial es significativo y los 3 niveles en los que se hizo el experimento a 22, 20 y 18 grados Brix, proporcionan resultados independientes entre ellos. En la gráfica c), se aprecian los residuos, estos se comportan de forma normal, no se observan anomalías con los datos, por último, en la gráfica d) se muestran los resultados de los tres niveles del factor Brix.inicial, con los residuos estandarizados obtenidos, se concluye; los datos no muestran tendencia alguna, esto indica la existencia de aleatoriedad en el experimento.

**Figura 2.** Gráficas de residuos.



**Fuente:** Elaboración propia con base en el software R Studio v2021.09.0

La *Saccharomyces cerevisiae* con los niveles de los factores mencionados anteriormente sintetizó un promedio de 10.39 % de alcohol, con una desviación estándar de 0.004, siendo el mayor valor en comparación con los otros experimentos realizados. Se pretende en experimentos futuros para mejorar la calidad de este vino ocupar diferentes cepas de levaduras como *Candida zemplinina*, control y monitoreo de pH y nivel de maduración de fruto para la elaboración del mosto para el vino. Otra consideración es someter el vino a un proceso de análisis en un laboratorio certificado que permita validar los parámetros que indica la norma NOM-199 (2017) y su cumplimiento.

### **Conclusion**

Los niveles de porcentaje de alcohol óptimos para producir Vino con *Vitis tiliifolia* son tiempo de ocho días, temperatura de 22 °C, 22 °Brix y 6 mg de cepa de *Saccharomyces cerevisiae*. De acuerdo con el experimento, a mayores concentraciones de °Brix iniciales concerniente al factor tiempo (considerando temperaturas controladas) se observa que los niveles de porcentaje de alcohol disminuyen a mayores días en proceso de fermentación. Los análisis muestran que el porcentaje de alcohol está dentro de los rangos establecidos para vinos de uva con base en la Norma Mexicana para Productos y Alimentos No Industrializados (NOM-159, 2004).

**Reconocimiento:** Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, por las facilidades otorgadas para investigar.

**Conflictos de intereses:** Los autores no tienen ningún conflicto de intereses que revelar.

**Disponibilidad de datos:** Todos los datos están incluidos en el contenido del artículo.

**Declaración de financiación:** Esta investigación fue financiada por el Tecnológico Nacional de México con base en la Convocatoria 2020: Proyecto de Desarrollo Tecnológico e Innovación, y por el Gobierno de Estado de Veracruz, México.

### **References:**

1. Alturria, LV, Antonioli, ER, Ceresa, AM, Solsona, JE, & Winter, P. (2008). Elaboración de vinos: defectos en el proceso que originan costos de no calidad. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, XL (1), 1-16. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382837642011>
2. Ayala, F. J. (2011). Elixir of life: In vino veritas. Proceedings of the

- National Academy of Sciences, 108(9), 3457-3458.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1019729108>
3. Bautista-Ortín, A. B. (2008). Técnicas enológicas para la obtención de vinos de monastrell de alto contenido polifenólico. <http://hdl.handle.net/10201/197>
  4. Cheluca-Guillermo, S., Suastegui-Rizo, R., Vargas-Álvarez, D., Cruz-Cruz, E., Damián-Nava A., Palemón-Alberto, F., Rodríguez-Batáz, E., Godínez-Jaimes, F. (2016). Caracterización bioquímica de vino con *Vitis vilifolia* L. *Agroproductividad*, 9 (1), 68-73. <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/710>
  5. Consejo Mexicano Vitivinícola, (2018). Comité Nacional del Sistema Producto Vid Plan Rector. Retrieved from [https://uvayvino.org.mx/html/docs/produccion\\_consumo\\_vino.pdf](https://uvayvino.org.mx/html/docs/produccion_consumo_vino.pdf)
  6. Coronel-Feijó, M. A. (2011). Estandarización y optimización de procesos de vino de mora de Castilla (*Rubus glucus benth*). *Tsafiqui* (2). 19-27. <https://doi.org/10.29019/tsafiqui.v0i2.132>
  7. Cunha, J. T., Romaní, A., Costa, C. E., Sá-Correia, I., & Domingues, L. (2019). Molecular and physiological basis of *Saccharomyces cerevisiae* tolerance to adverse lignocellulose-based process conditions. *Applied microbiology and biotechnology*, 103(1), 159-175. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9478-3>
  8. Erice, A. S. (2021). El arte de los ciclos naturales: pinceladas de fenología vegetal. *Conservación Vegetal*, (25), 48-50. <https://revistas.uam.es/conservacionvegetal/article/view/14835>
  9. FAO & WTO. (2017). Trade and food standards. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Trade Organization. <https://doi.org/10.30875/77a6eb25-en>
  10. Gaona, G. L., Castillo, J. G. C., Portilla, E. P., Vargas, A. L., Sánchez, M. S., & Mora, O. F. (2010). Distribución geográfica y aprovechamiento de las uvas silvestres (*Vitis* spp.) de la región Totonaca en la Sierra Norte de Puebla. *Revista de Geografía Agrícola*, (45), 39-47. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75726134003>
  11. González-Neves, Gustavo, Favre, Guzmán, Piccardo, Diego, Ferrer, Milka, & Echeverría, Gerardo. (2015). Efecto de técnicas alternativas de maceración sobre el color y composición de vinos tintos de seis variedades de uva. *Agrociencia (Uruguay)*, 19(1), 57-68. Recuperado en 25 de agosto de 2023, de [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-15482015000100007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482015000100007&lng=es&tlng=es).
  12. Huertas Vallejos, Lorenzo. (2004). Historia de la producción de vinos y piscos en el Perú. *Universum (Talca)*, 19(2), 44-61. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-23762004000200004>

13. Jiang, H. E., Zhang, Y. B., Li, X., Yao, Y. F., Ferguson, D. K., Lü, E. G., & Li, C. S. (2009). Evidence for early viticulture in China: proof of a grapevine (*Vitis vinifera* L., Vitaceae) in the Yanghai Tombs, Xinjiang. *Journal of Archaeological Science*, 36(7), 1458-1465. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.02.010>
14. Juárez Trujillo, Nadia, Jiménez Fernández, Víctor Manuel, Guerrero Analco, José Antonio, Monribot Villanueva, Juan Luis, & Jiménez Fernández, Maribel. (2017). Caracterización del aceite y harina obtenido de la semilla de uva silvestre (*Vitis tiliifolia*). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(5), 1113-1126. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i5.112>
15. Liang, Z., Y. Yang, L. Cheng and G. Y. Zhong (2012). "Polyphenolic composition and content in the ripe berries of wild *Vitis* species". *Food Chem.* 132: 730-738. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.009>
16. López-Saiz, C. M., Parra-Durazo, M. E., Sánchez-Lucero, M., Burgos-Hernández, A., Morales-Romero, D., Cota-Arriola, O. (2018). Presencia de Etil Carbamato y Ocratoxina A durante la fermentación de uva (*Vitis vinifera*) Carignane. *Biotecnia*. XXI (1), 133-138. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i1.876>
17. Mamani-Mamani, R. H. (2013). Influencia de técnicas enológicas en la elaboración y caracterización fisicoquímica y sensorial de vino tinto de uva negra criolla (*Vitis vinifera* L.) de Tacna. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1680>
18. Miño Valdés, Juan Esteban, Martos Actis, María Alicia, Herrera Garay, José Luis, & González Suarez, Erenio. (2015). Alcoholic Fermentation With Rose Niagara Grape Must And Yeasts Of The Same Fruit. *Centro Azúcar*, 42(2), 10-20. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612015000200002&lng=es&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612015000200002&lng=es&tlng=en)
19. Moreno-Pérez, A. A. (2013). Técnicas enológicas de frío y enzimáticas aplicadas a la extractibilidad de Syrah, Cabernet Sauvignon y Monastrell. <http://hdl.handle.net/20.500.11914/1022>
20. Monroy, B. D. (2021). Componentes bioactivos y usos potenciales de la uva silvestre (*Pourouma cecropiifolia*) en la agroindustria, una revisión. *Reciena*, 1(ii), 36-44. <https://doi.org/10.47187/reciena.v1i2.19>
21. Myles, S., Boyko, A. R., Owens, C. L., Brown, P. J., Grassi, F., Aradhya, M. K., ... & Buckler, E. S. (2011). Genetic structure and domestication history of the grape. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(9), 3530-3535. <https://doi.org/10.1073/pnas.1009363108>
22. Orozco, A. F., & Romero, C. V. (2020). Elaboración de vino de corozo

- (Acrocomia Aculeata). @ limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria, 17(2), 72-84.  
<https://doi.org/10.24054/16927125.v2.n2.2019.4004>
23. Paramithiotis, S., Stasinou, V., Tzamourani, A., Kotseridis, Y., & Dimopoulou, M. (2022). Malolactic Fermentation—Theoretical Advances and Practical Considerations. *Fermentation*, 8(10), 521.  
<https://doi.org/10.3390/fermentation8100521>
  24. Portela, J. F. (2013). La evolución reciente del sector vitivinícola internacional. *GeoGraphos: Revista Digital para Estudiantes de Geografía y Ciencias Sociales*, 4(39), 171-192.  
<https://doi.org/10.14198/GEOGRA2013.4.39>
  25. Pszczółkowski, P., & de Lecco, C. C. (2011). Manual de vinificación. Guía práctica para la elaboración de vinos. Primera edición. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4851323>
  26. Ramírez-Navas, J. S. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Revista ReCiTeIA*.
  27. RStudio (2022). RStudio: desarrollo integrado para R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
  28. Secretaría de Economía. (2004, 16 de junio). NOM-159-SCFI-2004, Bebidas alcohólicas-Sotol-Especificaciones y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación.  
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo45110.pdf>
  29. Secretaría de Economía. (2017, 30 de octubre). NOM-199-SCFI-2017, Bebidas alcohólicas-denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación.  
[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5502882&fecha=30/10/2017#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5502882&fecha=30/10/2017#gsc.tab=0)
  30. Simpalo-López, W. D., Miñan-Olivos, G. S., Galarreta-Oliveros, G. I., & Castillo-Martínez, W. E. (2020). Caracterización fisicoquímica de un fruto silvestre de cactaceae (*Haageocereus pseudomelanostele*). Deshidratado por diferentes métodos para la conservación de su contenido de vitamina C. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58294>
  31. Villarroel-Bastidas, J., & Espinoza-Oviedo, B. (2019). Evaluación del proceso fermentativo de la mandarina King (*Citrus nobilis* L.) aplicando bentonita, albumina y pectinasa para su clarificación. *Universidad y Sociedad*, 11(5), 496-506.  
<http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
  32. Wyss, G., & Elzakker, B. V. (2005). Producción de uva y fabricación de vino control de la calidad y seguridad en las cadenas de producción orgánica. <https://orgprints.org/4928/>

33. Yllanes-Huanacuni, M. V. (2016). Selección de *Saccharomyces cerevisiae* nativas procedentes de tres variedades de *Vitis vinífera* “uva” y su aplicación en la mejora de la calidad del vino. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1937>



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

## **Petrographic and Geochemical Characteristics of the Djabatoure Massif Metamagmatites from the Pan-African Orogen in Central Togo, West Africa**

***Sarakawa Abalo Malibida Kpazou, PhD***

Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Lomé, Togo.  
Department of Civil Engineering, Laboratory of Geotechnics and Mining,  
Regional Training Center for Road Maintenance  
(CERFER - Entente Council), Lomé, Togo

***Gnanwasou Alayi***

***Yao Agbossoumondé***

***Mahaman Sani Tairou***

Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Lomé, Togo

***José María González-Jiménez***

Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra,  
CSIC-Universidad de Granada, Granada, Spain

***Antonio Garcia-Casco***

Departamento de Mineralogía y Petrología,  
Universidad de Granada, Granada, Spain

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p198](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p198)

---

Submitted: 21 July 2023

Accepted: 28 August 2023

Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Kpazou S.A.M., Alayi G., Agbossoumondé Y., Tairou M.S., González-Jiménez J.M. & Garcia-Casco A. (2023). *Petrographic and Geochemical Characteristics of the Djabatoure Massif Metamagmatites from the Pan-African Orogen in Central Togo, West Africa*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 198. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p198>

---

### **Abstract**

The Dahomeyide orogen, in Togo and adjoining parts of southeast Ghana and Benin, represents the suture of West Africa Craton (WAC) into northwest Gondwana. The suture zone corresponds to a narrow and lithologically diverse area with high pressure granulite complexes. The Djabatoure massif, located in the central part of Togo, belongs to the suture zone. The aim of this paper is to present the petrographic and geochemical characteristics of the Djabatoure massif in order to better understand the geodynamic evolution of the Dahomeyide belt in Togo. The methodology

implemented is based on a synthesis of previous works, a petrographic study of 20 thin sections, and a geochemical study through discrimination diagrams of 15 rock samples. Results show that the Djabatoure massif is composed of granulites, pyroxenites, amphibolites, talcschists and gneisses. These rocks were equilibrated under granulite facies conditions and subsequently partially retrogressed to the amphibolite facies. The Djabatoure massif rocks also display tholeiitic affinity, enriched LREE, and negative anomalies in Nb, Zr and Ti; all these characteristics indicate subduction zone magmatism. These features are consistent with protoliths of tholeiites, N-MORB, and volcanic arc basalts affinities. The Djabatoure massif rocks were emplaced in an oceanic environment and likely originated from a metasomatized mantle.

---

**Keywords:** Petrography, Geochemistry, Djabatoure massif, Pan-African orogen, West Africa

## Introduction

In the Pan-African Dahomeyide belt, the basic to ultrabasic complexes of Derouvarou (Benin), Kabye-Kpaza, Djabatoure-Anie, Agou-Ahito (Togo), and Shaï or Akuse (Ghana) form a submeridian mountainous belt materializing the suture zone (Ménot and Séddoh, 1980; Agbossoumondé, 1998; Attoh, 1998; Agbossoumondé et al., 2001; Tairou and Affaton, 2013). The Djabatoure massif, located in the central part of Togo, represents one of the most remarkable morphostructures of this belt. It is defined, like the other massifs of this suture zone, as a highly metamagmatic ophiolitic-type unit. It is composed of ultramafic, gabbroic metacumulates, metagabbros, metadolerites, metabasalts, pyroxenites, amphibolites and granulites (Ménot, 1977, 1980, 1982; Ménot and Seddoh, 1980; Agbossoumondé, 1998; Duclaux, 2003; Agbossoumondé et al, 2007; Kpanzou, 2017, 2023; Kpanzou et al., 2019, 2022). Previous studies (Duclaux, 2003; Sabi, 2007; Agbossoumondé et al., 2007) have partially addressed the petrographic and geochemical characteristics of all the massifs of the togolese segment of the suture zone. According to these studies, the Djabatoure massif is composed of dolerites and gabbros, and is formed by several episodes of magma injections into the migmatitic basement of the Touareg Shield. The Djabatoure massif shows a signature of continental tholeiite emplaced in the continental crust and slow cooling during exhumation. It is also believed that the rocks of Djabatoure massif underwent metamorphism in the granulite facies with a retrogression in the amphibolite facies associated with the nappes emplacement. These are metaluminous rocks with a tholeiitic signature emplaced in a continental or oceanic arc context and exhumed during the Pan-African tangential phase.

Despite efforts to better understand the petrography and geochemistry of the Djabatoure massif metamagmatites, detailed petrographic and

geochemical characterization of the rocks of this massif remains are lacking. Therefore, the present study is a contribution to the detailed petrographic and geochemical study of the Djabatoure massif metamagmatites. Specifically, the study aims to provide (i) a detailed petrographic description of the Djabatoure metamagmatites, (ii) a rock classification and origin, (iii) and geodynamic environment.

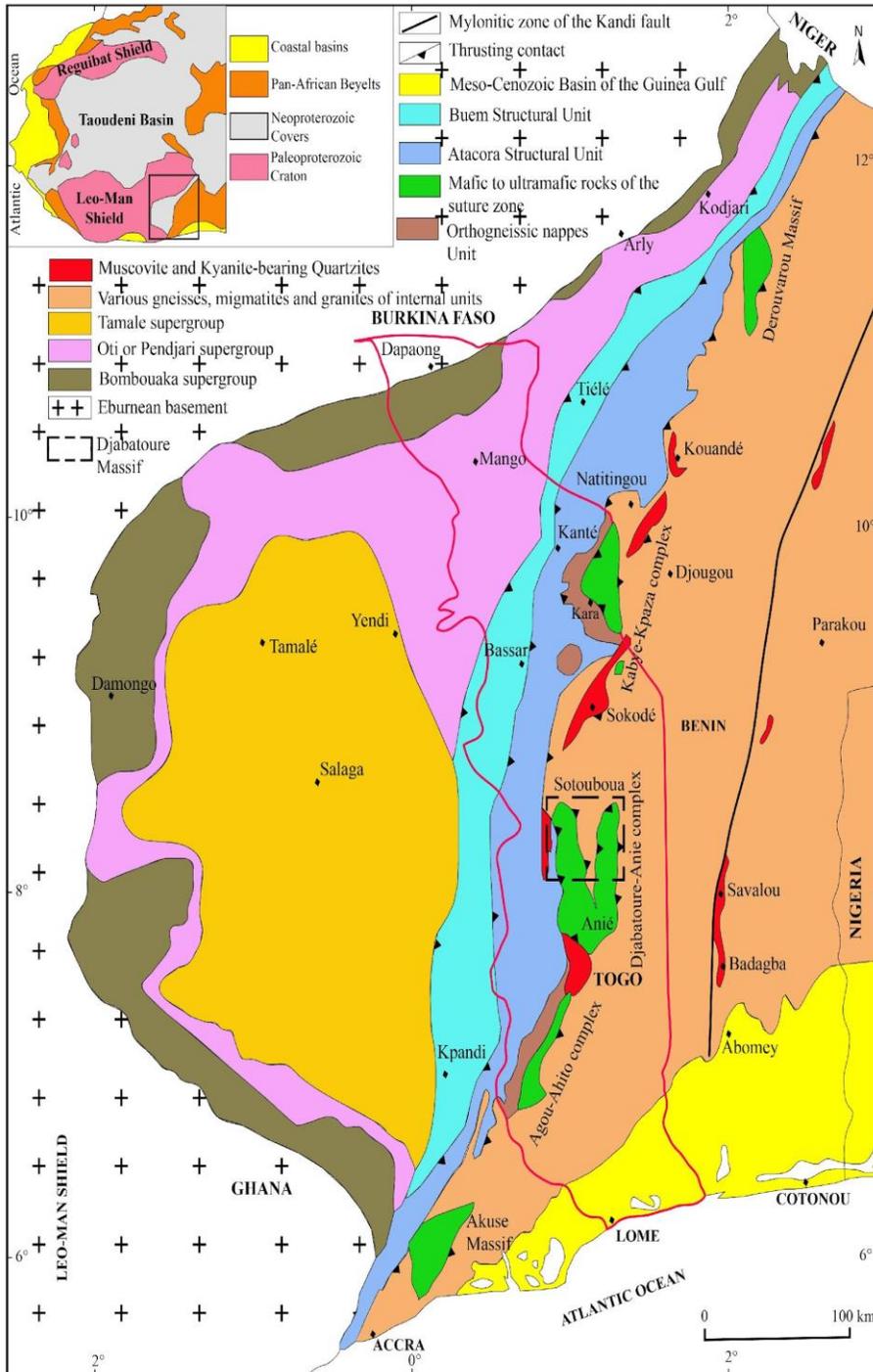
## **1. Geological context**

The Pan-African Dahomeyide belt resulted from the collision between 3 structures: the eastern portion of the WAC, the Benino-Nigerian basement, and the Touareg Shield (Caby et al., 1981; Attoh et al., 1997; Ganade de Araujo et al., 2014a). It is subdivided into three structural zones which are from west to east: the external zone, the suture zone, and the internal zone (Affaton, 1990) (Figure 1).

The external zone corresponds to the Buem and Atacora structural units. The Buem is composed of metasedimentary rocks that originated from the metamorphism of the Volta Basin units. The Atacora consists of orthogneissic units of Kara-Niamtougou and the granitoids of the Kpalimé-Amlamé pluton (Affaton, 1990; Affaton et al., 1991; Agbossoumondé et al., 2007; Tairou et al., 2009; Aidoo et al., 2020; Kwayisi et al., 2021; Tairou et al., 2022). The external zone overlaps the WAC and its sedimentary cover.

The suture zone is materialized by a submeridian alignment of complexes: Derouvarou in Benin, Kabye-Kpaza, Djabatoure-Anie, and Agou-Ahito in Togo, and Akuse or Shaï in Ghana. These complexes are composed of mafic to ultramafic rocks (granulite or sometimes eclogite facies), witnesses of the Pan-African crustal thickening (Ménot and Séddoh, 1985; Attoh, 1998; Agbossoumondé et al., 2001; Attoh and Morgan, 2004; Aidoo et al., 2020; Kpanzou, 2023).

The internal zone is a peneplain representing the remobilized Benin-Nigerian shield (BNS) in the Pan-African belt (Affaton, 1990). It is composed of gneisso-migmatitic, metasedimentary (schists, marbles, and quartzites), and Pan-African granitoid units (Affaton et al., 1991; Caby and Boessé, 2001; Alayi, 2018).



**Figure 1.** Simplified geologic map showing the main structural domains of the Pan-African Dahomeyide belt and its foreland (Affaton, 1990; slightly modified) with the location of the Djabatoure massif

## 2. Methodology

This study is based on a literature review of previous work, fieldwork, laboratory analysis, data processing, and analysis. The literature review allowed for a synthesis of previous work on the regional and/or local geology of the study area. The field campaign allowed us to take 50 samples and describe them in a macroscopic way. We georeferenced the outcrops and sampling stations using a Garmin eTrex Legend H GPS. Twenty (20) thin sections were made to determine textural and mineralogical compositions. We selected fifteen (15) samples for whole-rock analysis performed at the Centre for Scientific Instrumentation of the University of Granada (CIC-UGR) in Spain. The analytical approach adopted is as follows:

- (i) Major elements oxides were determined with a Philips Magix Pro (Pw-2440) X-ray fluorescence (XRF) equipment after melting the rock sample in a solution with tetra lithium borate. The characteristic precision as determined from standards AN-G and BEN, was better than  $\pm 1.5\%$  (relative error) for an analyte concentration of 10 wt.%. The iron content is expressed as FeO\* total. The molar ratio  $\text{MgO}/(\text{MgO}+\text{FeO}^*)$  is abbreviated Mg#. Zirconium was determined with the same instrument using the same glass beads; with a precision better than  $\pm 0.2\%$  for 5 ppm Zr. Loss on Ignition (LOI) was determined by weight difference before and after ignition of samples in a furnace. In the diagrams, oxide concentrations are reported on an anhydrous (volatile-free) basis.

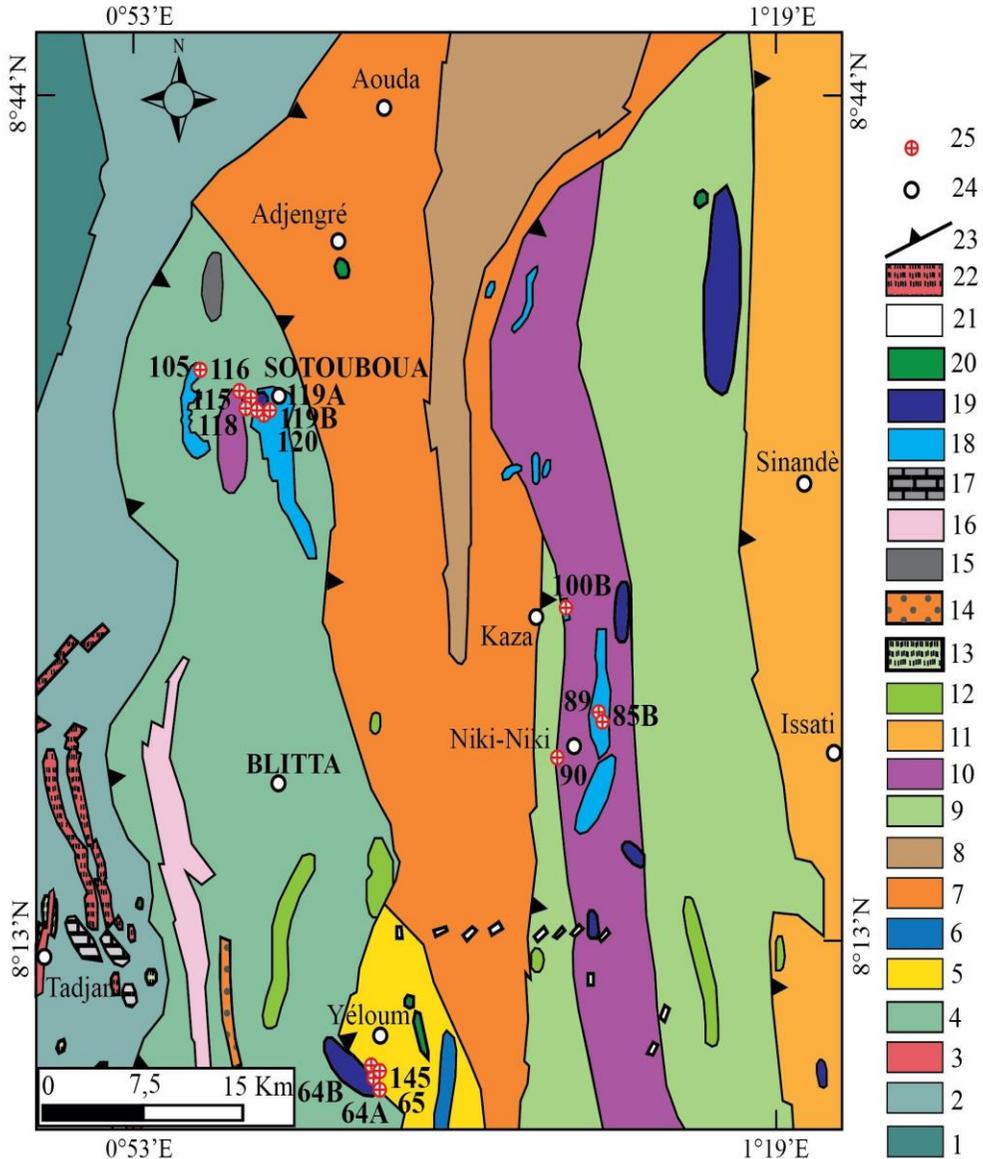
- (ii) Trace elements, except Zr, were determined by an Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) after  $\text{HNO}_3 + \text{HF}$  digestion of 0.1000 g of sample powder in a Teflon-lined vessel at  $180^\circ\text{C}$  and 200 psi for 30 min, evaporation to dryness and subsequent dissolution in 100 ml of 4 vol.%  $\text{HNO}_3$ ; the precision, as determined from standards PMS, WSE, UBN, BEN, BR and AGV run as unknowns, was better than  $\pm 2\%$  for analyte concentrations of 50 ppm and  $\pm 5\%$  for analyte concentrations of 5 ppm.

The results of the chemical analyses are reported in Table 1. The location of the analyzed samples is shown in Figure 2. Field and chemical data were compiled in Excel and imported into different software (GCD kit, QGIS ...) for specific processing. For the geochemical data processing, we proceeded to the normalization of major elements to 100% under anhydrous basis.

## 3. Results

### 3.1. Petrography

The Djabatoure massif metamagmatites (Figure 2) are essentially composed of granulites (garnet-bearing or garnet-free), pyroxenites, amphibolites, talcschists and gneisses (garnet-bearing or garnet-free). Representative rock samples were selected for petrographic studies to determine the textures and mineralogical compositions.



**Figure 2.** Schematic map of the Djabatoure massif showing the location of the samples analyzed (modified from the geological map of Sylvain et al., 1986).

1: micaschists and graphitic schists; 2: sericite- and chlorite-bearing schists; 3: feldspathic quartzites; 4: garnet-bearing gneiss; 5: 2-mica-bearing paragneiss; 6: biotite-bearing micaschists; 7 : 2-mica-bearing gneiss; 8: kyanite- and garnet-bearing gneiss; 9: biotite- and amphibole-bearing gneiss; 10: clear metagabbroic granulites; 11: 2-mica- and amphibole-bearing gneiss; 12: amphibolites; 13 : Metavolcanites and associated albitic schists; 14: tectonized feldspathic quartzites; 15: basic charnockitic orthogneisses; 16: kyanite-bearing quartzites; 17: crystalline dolomites (marbles); 18: dark metagabbroic granulites; 19: pyroxenites; 20: serpentinites; 21: quartz veins; 22: muscovite- and or sericite-bearing quartzites; 23: overlapping contact; 24: towns and villages; 25: samples.

### **3.1.1. Granulites**

The granulites observed and described in the field are of two types: garnet-free granulites and garnet-bearing granulites.

#### **3.1.1.1. Garnet-free granulites**

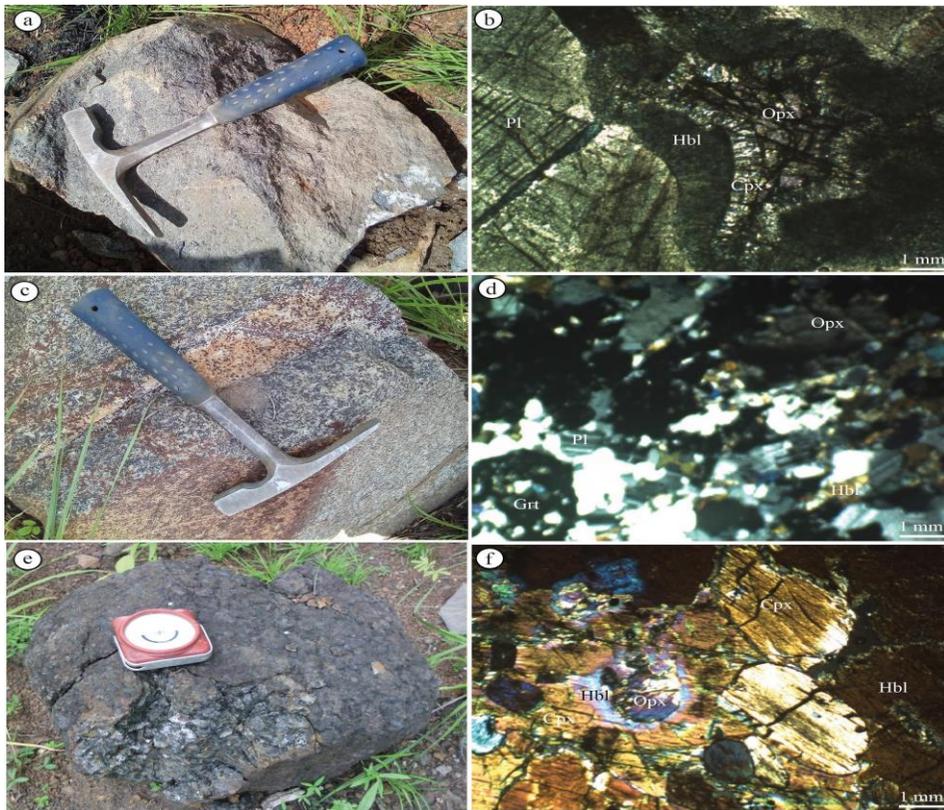
They outcrop at Sotouboua, Niki-Niki, and Yeloum massifs. They are cut into milky white to grayish banks and balls (Figure 3a). Microscopically, they show granoblastic to double coronite textures (Figure 3b). The coronites are evidence of re-equilibration reactions between plagioclase and pyroxene blasts. Reactions in which clinopyroxene develops in the crown around orthopyroxene and amphibole in that around plagioclase. These reactions of re-equilibration often take place in the context of pressure and rather high temperature. The essential minerals are plagioclase, clinopyroxene, orthopyroxene, and amphibole. Plagioclases are more abundant in phenocrysts with polysynthetic twins and more or less clear rolling extinction. Orthopyroxenes (hypersthene) are deformed and show numerous cleavages, microfractures undulate extinction. Clinopyroxenes (diopside) occur as slightly microfractured or intensely cracked subautomorphic blasts, either as small crystals in the internal crown around the orthopyroxene. Amphiboles in elongated subautomorphic phenocrysts contain oxide inclusions. They are generally very little represented and constitute either early minerals in the form of large patches associated with pyroxenes or acicular minerals forming crowns around orthopyroxenes. Quartz is quite rare and occurs in xenomorphic form in inclusion in plagioclase and amphibole.

#### **3.1.1.2. Garnet-bearing granulites**

They are observed at Sotouboua massif. They are homogeneous, with a foliation of alternating light quartzo-feldspathic and dark amphibole and pyroxene layers, to which are added numerous millimetric to centimetric garnets, reddish in veinlets and wire rods (Figure 3c). Microscopically, they have a granoblastic texture consisting of plagioclase, pyroxene (orthopyroxene), amphibole, and garnet (Figure 3d). Plagioclase is abundant and exists as xenomorphic and sometimes automorphic phenocrysts with polysynthetic macles. Orthopyroxene (hypersthene) is subautomorphic with strong relief and nearly orthogonal cleavages. Amphibole (hornblende) is scarce and occurs in small, more or less elongated sections of bluish green to brown color. Garnet is subautomorphic to automorphic and sometimes globular. It is very abundant in ferromagnesian beds and contains inclusions of quartz, plagioclase, epidote, and opaque minerals (ilmenite, rutile, and magnetite).

### 3.1.2. Pyroxenites

They outcrop at Sotouboua, Niki-Niki, and Yeloum massifs. They are often cumulated with coarse or medium grains of pyroxene (Figure 3e). They are dark gray to black, massive in structure, and flow in very dense balls. Microscopically, they display a granoblastic texture made of jointed pyroxenes, with green hornblende crystallized at their borders (Figure 3f). They are mainly composed of clinopyroxene, orthopyroxene, and amphibole. Clinopyroxenes (diopside) are the most abundant. They are slightly colored in green and show numerous cracks and undulate extinction. Orthopyroxenes (hypersthene) are pinkish colored with undulate extinction. They are much cleaved and contain inclusions of opaque minerals (ilmenite, rutile, and magnetite). Amphiboles (green hornblende) are elongated phenocrysts joined to pyroxenes. They also constitute small crystals forming a reaction crown around orthopyroxenes (the result of the reaction between orthopyroxenes and clinopyroxenes).



**Figure 3.** Macroscopic (a, c, and e) and microscopic (b, d, and f) photography of the Djabatoure massif rocks. (a and b): coronite garnet-free granulite; (c and d): garnet-bearing granulite; (e and f): pyroxenite. Opx: orthopyroxene; Cpx: clinopyroxene; Pl: plagioclase; Hbl: hornblende; Grt: garnet.

### **3.1.3. Amphibolites**

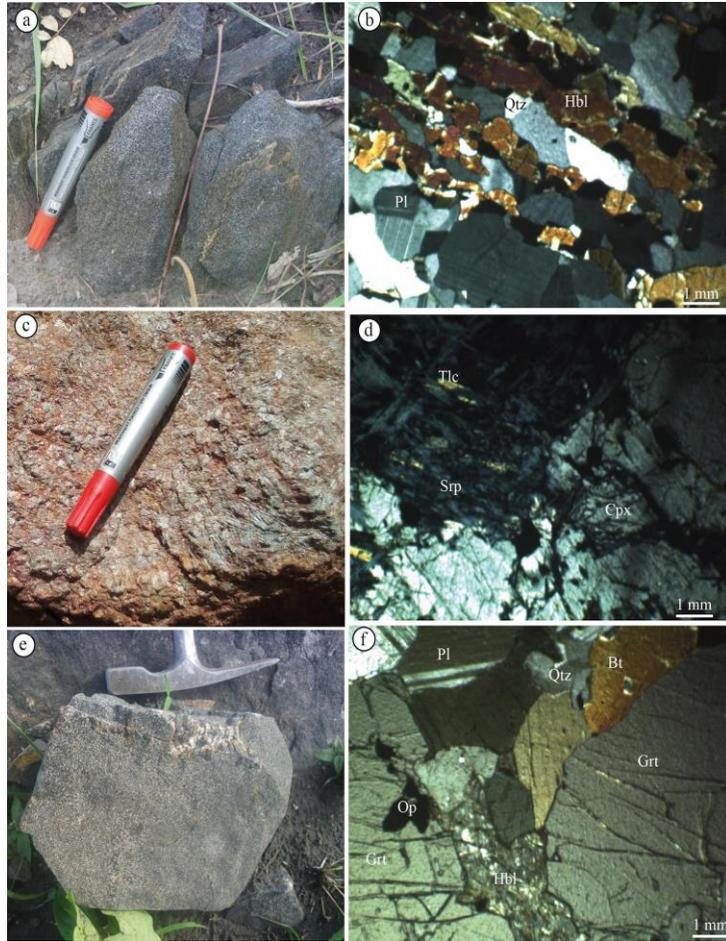
They are observed at Sotouboua and Yeloum massifs. They are dark grey rocks, with a foliated structure and fine grains that are cut into platelets. On the field, they are crossed by veinlets and quartzo-feldspathic wire rods (Figure 4a). Microscopically, they have a nematogranoblastic texture with amphibole, plagioclase and quartz minerals (Figure 4b). Amphibole is represented by green hornblende in elongated bluish-green or brownish elongated sections. Plagioclase is more or less abundant and present polysynthetic twin. Quartz, with rolling extinction, is not very abundant and is found in association with plagioclase in the clear beds.

### **3.1.4. Talcschists**

They outcrop in balls at Niki-Niki massif. They are milky white to greenish, with a schistose or foliated structure (Figure 4c). Microscopically, they have a porphyroblastic texture with phenoblasts of clinopyroxene, talc, and serpentine (Figure 4d). Clinopyroxene (diopside) occurs as intensely cracked phenocrysts. It sometimes recrystallizes into amphibole or serpentine and contains inclusions of opaque minerals (magnetite). Talc, often associated with chlorite is from retromorphosis of amphiboles.

### **3.1.5. Garnet-bearing gneiss**

These are mostly amphibole- and garnet-bearing gneisses that outcrop around granulites. They are grayish, of foliated structure, and with millimetric to centimetric garnets (Figure 4e). Microscopically, they show a granoblastic texture composed of feldspars, quartz, biotite, amphibole, and garnet (Figure 4f). Feldspars are subautomorphic and polysynthetic twins. Quartz shows undulate extinction. Amphibole (green hornblende) forms elongated, cracked blasts with opaque mineral inclusions. Garnets in automorphic porphyroblasts are often cracked and contain inclusions of feldspars, quartz, and oxides.



**Figure 4.** Macroscopic (a, c, and e) and microscopic (b, d, and f) photography of the Djabatoure massif rocks. (a and b): amphibolite; (c and d): talcschist; (e and f): garnet-bearing gneiss. Qtz: quartz; Pl: plagioclase; Cpx: clinopyroxene; Hbl: hornblende; Bt: biotite; Grt: garnet; Srp: serpentine; Tlc: talc; Op: opaque.

## 3.2. Geochemistry

### 3.2.1. Major Elements Distribution

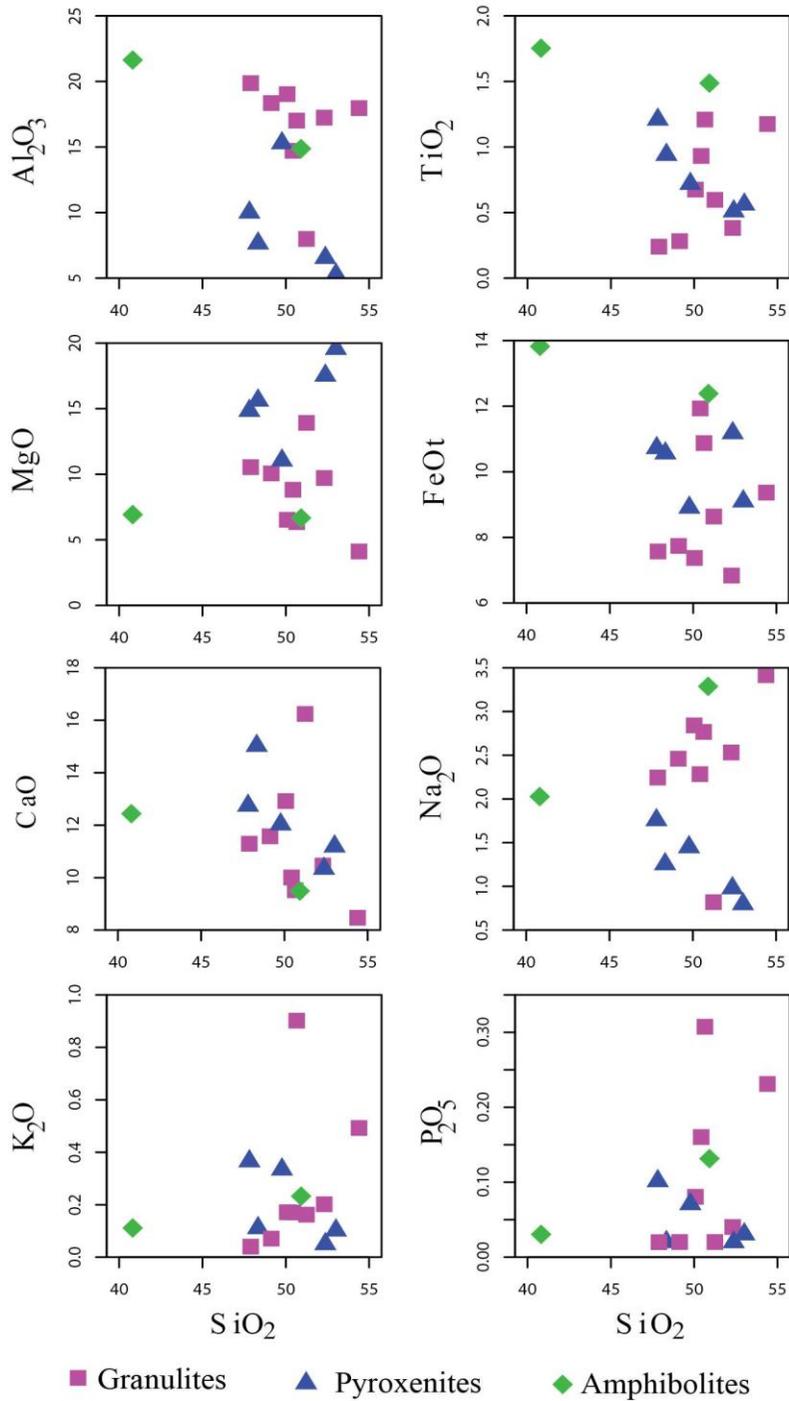
The Djabatoure massif rocks are characterized by silica contents in the range of 40.26% to 54.14% (Table 1). They are mainly granulites, pyroxenites, and amphibolites. The analyzed samples show high values of  $Al_2O_3$  up to 21.34% and Sr up to 580.91 ppm, which implies their richness in plagioclase. MgO contents reach 19.14% and  $Fe_2O_3$  up to 13.97% indicating pyroxene accumulation.

According to Harker diagrams (Figure 5): granulites show a positive correlation between  $SiO_2$  vs  $TiO_2$ , FeO,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$  and negative with  $Al_2O_3$ , MgO, and CaO; pyroxenites show a positive correlation between  $SiO_2$  vs MgO and negative with  $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ , CaO,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ , and  $P_2O_5$ ;

amphibolites show a positive correlation between SiO<sub>2</sub> vs Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and negative with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, FeO<sub>t</sub>, and CaO.

**Table 1.** Results of geochemical analyses of major elements (%), trace elements (ppm), and rare earth elements (ppm) of the Djabatoure massif rocks.

Lithology	Granulites								Pyroxenites					Amphibolites	
	85B	89	90	105	115	118	119A	120	64A	64B	100B	116	145	65	119B
Xcoord	E1°12'01.7	E1°11'51.3	E1°10'10.8	E0°55'28.8	E0°57'42.8	E0°57'05.3	E0°58'15.8	E0°58'08.3	E1°02'36.3	E1°02'36.3	E1°10'31.1	E0°58'01.4	E1°02'31.4	E1°02'45.7	E0°58'15.8
Ycoord	N8°21'12.1	N8°21'48.9	N8°20'04.1	N8°34'12.4	N8°33'10.8	N8°33'25.1	N8°32'48.8	N8°32'37.4	N8°08'23.1	N8°08'23.1	N8°25'33.1	N8°33'10.3	N8°08'39.9	N8°08'09.9	N8°32'48.8
<b>Major (%)</b>															
SiO <sub>2</sub>	50,64	51,86	49,42	54,14	49,70	50,34	47,80	48,73	47,05	51,86	49,10	47,76	52,36	50,33	40,26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,90	17,09	16,60	17,88	18,89	14,69	19,83	18,20	9,85	5,16	15,09	7,56	6,55	14,71	21,34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,74	6,94	10,87	9,55	7,49	12,20	7,74	7,86	10,81	9,12	9,00	10,69	11,40	12,54	13,97
MnO	0,15	0,12	0,14	0,15	0,12	0,27	0,11	0,12	0,17	0,14	0,15	0,21	0,19	0,21	0,11
MgO	13,76	9,63	6,19	4,09	6,48	8,30	10,52	9,98	14,60	19,14	10,90	15,44	17,52	6,59	6,83
CaO	16,05	10,37	9,29	8,43	12,82	9,99	11,27	11,48	12,54	10,95	11,87	14,85	10,34	9,38	12,27
Na <sub>2</sub> O	0,81	2,51	2,70	3,40	2,82	2,28	2,24	2,44	1,73	0,78	1,43	1,24	0,98	3,25	2,00
K <sub>2</sub> O	0,16	0,20	0,88	0,49	0,17	0,17	0,04	0,07	0,36	0,10	0,33	0,11	0,05	0,23	0,11
TiO <sub>2</sub>	0,59	0,38	1,18	1,17	0,67	0,93	0,24	0,28	1,19	0,55	0,71	0,93	0,51	1,47	1,73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,04	0,30	0,23	0,08	0,16	0,02	0,02	0,10	0,03	0,07	0,02	0,02	0,13	0,03
PAF	0,62	0,45	1,92	0,00	0,68	0,00	0,00	0,23	1,02	1,74	0,90	0,53	0,02	0,80	0,74
<b>Total</b>	<b>99,44</b>	<b>99,59</b>	<b>99,49</b>	<b>99,53</b>	<b>99,92</b>	<b>99,83</b>	<b>99,81</b>	<b>99,41</b>	<b>99,42</b>	<b>99,57</b>	<b>99,55</b>	<b>99,34</b>	<b>99,99</b>	<b>99,64</b>	<b>99,39</b>
<b>Traces (ppm)</b>															
Rb	4,89	3,29	19,61	3,37	1,96	1,56	0,14	0,44	2,23	0,67	5,52	0,34	0,57	4,15	0,28
Ba	42,72	96,26	240,35	215,04	53,30	82,83	20,91	77,80	54,42	49,18	85,92	36,66	67,11	49,98	26,93
Nb	1,14	1,15	2,67	5,26	1,80	3,87	0,84	0,76	2,66	1,24	2,26	1,30	1,24	2,50	1,38
Ta	0,08	0,09	0,16	0,37	0,15	1,49	0,28	0,07	0,15	0,05	0,14	0,08	0,47	0,19	0,15
Sr	166,39	418,23	580,91	438,62	355,62	298,91	300,27	284,90	113,94	55,10	377,78	117,89	130,85	162,12	514,87
Zr	35,50	25,00	90,20	80,00	35,60	35,60	13,60	14,40	39,50	24,80	51,00	23,10	24,00	81,60	27,50
Y	19,38	7,89	18,26	20,17	11,55	18,83	3,18	5,17	18,76	12,60	14,32	16,32	12,01	30,74	13,31
Hf	1,07	0,28	0,75	0,57	0,32	0,46	0,00	0,00	1,28	0,49	0,68	0,59	0,52	0,64	0,41
Ni	359,76	189,36	640,11	16,84	71,98	116,29	200,46	214,46	497,54	580,30	150,51	338,84	580,91	34,14	92,97
Cr	2269,25	363,63	123,63	33,90	270,92	440,88	317,29	355,17	949,85	1715,01	233,42	1842,86	939,15	15,49	18,09
V	248,01	113,08	304,38	226,53	136,56	164,86	49,45	74,89	298,24	195,28	173,92	187,78	205,31	314,93	452,41
U	0,13	0,04	0,17	0,12	0,04	0,05	0,00	0,00	0,16	0,07	0,09	0,01	0,02	0,11	0,00
Th	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sc	56,84	22,83	26,48	24,54	29,01	41,09	17,17	25,04	50,07	46,48	39,15	47,41	40,57	41,16	27,83
Co	60,92	53,13	49,84	54,77	46,19	208,01	94,81	66,41	65,34	67,64	60,35	64,71	130,98	57,99	82,66
Cu	123,64	24,76	87,87	17,75	18,77	48,78	42,29	95,65	151,20	80,19	119,31	94,97	194,70	69,17	204,36
Zn	49,25	50,18	85,15	84,18	44,19	108,90	38,99	38,98	76,52	59,47	66,72	67,19	71,18	91,75	72,77
Mo	1,77	2,84	2,55	5,10	2,68	2,91	3,69	2,38	1,77	1,31	2,46	2,28	2,89	2,43	2,17
Cs	0,33	0,24	0,53	0,14	0,12	0,12	0,08	0,08	0,09	0,10	0,34	0,06	0,08	0,12	0,08
Li	6,91	5,42	8,72	8,23	2,64	2,98	0,00	0,57	2,79	1,08	9,47	0,43	1,44	6,39	0,79
Be	0,30	0,37	0,78	0,97	0,34	0,54	0,21	0,21	0,43	0,28	0,40	0,21	0,30	0,63	0,24
Ga	10,13	14,29	20,14	20,64	17,71	15,10	14,57	15,18	14,12	7,65	14,38	10,29	9,41	16,83	20,87
Sn	0,37	0,03	0,71	0,33	0,16	0,38	0,00	0,00	0,71	0,23	0,35	0,32	0,24	0,63	0,37
Tl	0,04	0,03	0,09	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,04	0,02
Pb	0,65	1,30	3,56	3,70	1,43	1,62	0,10	0,16	0,59	0,45	1,68	0,00	0,29	1,65	0,22
<b>REE (ppm)</b>															
La	4,98	3,64	10,67	10,52	3,40	5,65	0,72	0,68	7,23	3,54	4,99	3,03	2,48	5,24	2,43
Ce	12,86	7,44	25,12	23,70	8,34	13,06	1,86	1,83	18,68	8,95	11,75	7,91	6,49	13,52	6,30
Pr	1,95	1,01	3,51	3,20	1,21	1,90	0,27	0,30	2,83	1,34	1,68	1,30	1,11	1,92	1,02
Nd	9,57	4,70	16,24	14,86	6,12	9,58	1,41	1,65	14,58	6,92	8,27	7,62	5,95	10,08	5,55
Sm	3,00	1,22	3,89	3,71	1,77	2,80	0,39	0,55	3,95	2,03	2,31	2,74	1,84	3,30	2,07
Eu	0,93	0,38	1,29	1,23	0,50	0,85	0,12	0,20	1,28	0,58	0,81	0,77	0,63	1,08	0,67
Gd	2,48	1,19	2,94	2,98	1,46	2,33	0,42	0,64	3,06	1,55	2,39	2,30	1,99	3,78	1,87
Tb	0,46	0,21	0,46	0,50	0,26	0,43	0,07	0,11	0,51	0,29	0,36	0,40	0,33	0,68	0,34
Dy	2,96	1,27	2,85	3,09	1,75	2,82	0,57	0,76	3,04	1,92	2,18	2,61	1,81	4,42	2,19
Ho	0,64	0,28	0,60	0,66	0,40	0,62	0,14	0,20	0,63	0,43	0,48	0,55	0,41	0,99	0,46
Er	1,64	0,86	1,52	1,69	1,07	1,64	0,42	0,65	1,58	1,18	1,31	1,42	1,15	2,47	1,20
Tm	0,24	0,14	0,22	0,25	0,16	0,25	0,07	0,11	0,23	0,18	0,20	0,21	0,18	0,36	0,18
Yb	1,43	0,87	1,32	1,49	0,99	1,50	0,39	0,66	1,32	1,07	1,17	1,19	1,05	2,18	0,99
Lu	0,21	0,13	0,19	0,23	0,14	0,23	0,06	0,09	0,19	0,15	0,17	0,17	0,16	0,33	0,14
Eu/Eu*	1,02	0,94	1,14	1,11	0,93	1,00	0,89	1,01	1,10	0,98	1,03	0,92	0,99	0,92	1,02
(La)N	12,97	9,48	27,79	27,40	8,85	14,71	1,88	1,77	18,83	9,22	12,99	7,89	6,46	13,65	6,33
(Sm)N	12,95	5,27	16,60	16,02	7,64	12,09	1,68	2,37	17,06	8,77	9,97	11,83	7,95	14,25	8,94
(Gd)N	8,09	3,88	9,59	9,72	4,76	7,60	1,37	2,09	9,98	5,06	7,80	7,50	6,49	12,33	6,10
(Yb)N	6,22	3,78	5,74	6,48	4,30	6,52	1,70	2,87	5,74	4,65	5,09	5,17	4,57	9,48	4,30
(La/Sm)N	1,00	1,80	1,65	1,71	1,16	1,22	1,11	0,75	1,10	1,05	1,30	0,67	0,81	0,96	0,71
(Gd/Yb)N	1,30	1,03	1,67	1,50	1,11	1,17	0,81	0,73	1,74	1,09	1,53	1,45	1,42	1,30	1,42
(La/Yb)N	2,09	2,51	4,84	4,23	2,06	2,26	1,11	0,62	3,28	1,98	2,55	1,53	1,41	1,44	1,47
ΣREE	43,35	23,34	70,82	68,11	27,57	43,66	6,91	8,43	59,11	30,13	38,07	32,22	25,58	50,35	25,41



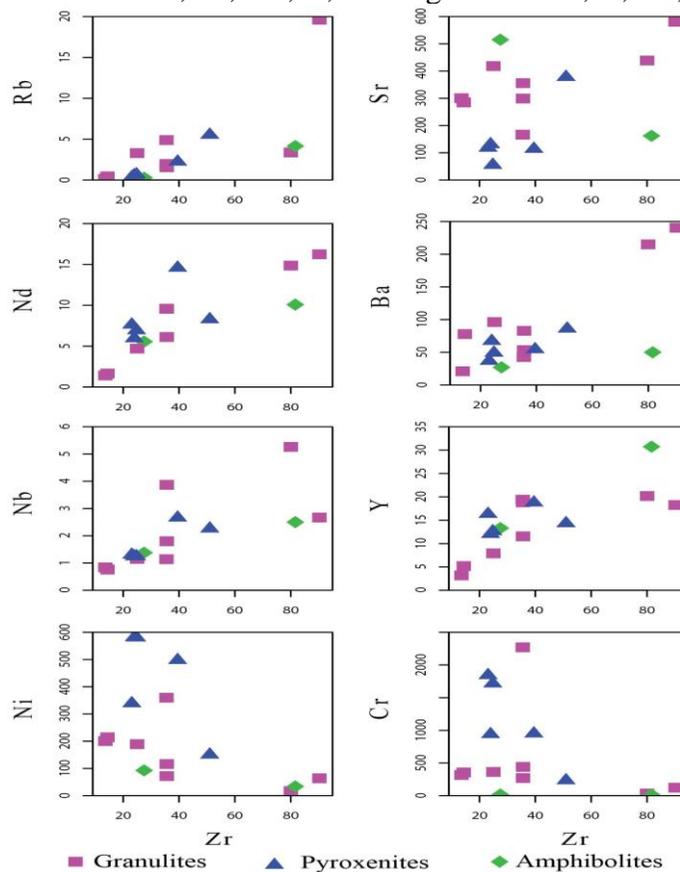
**Figure 5.** Oxides (TiO<sub>2</sub>, FeOt, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO) vs SiO<sub>2</sub> variation diagrams in Djabatoure massif rocks (Harker, 1909).

### 3.2.2. Traces and rare earth elements distribution

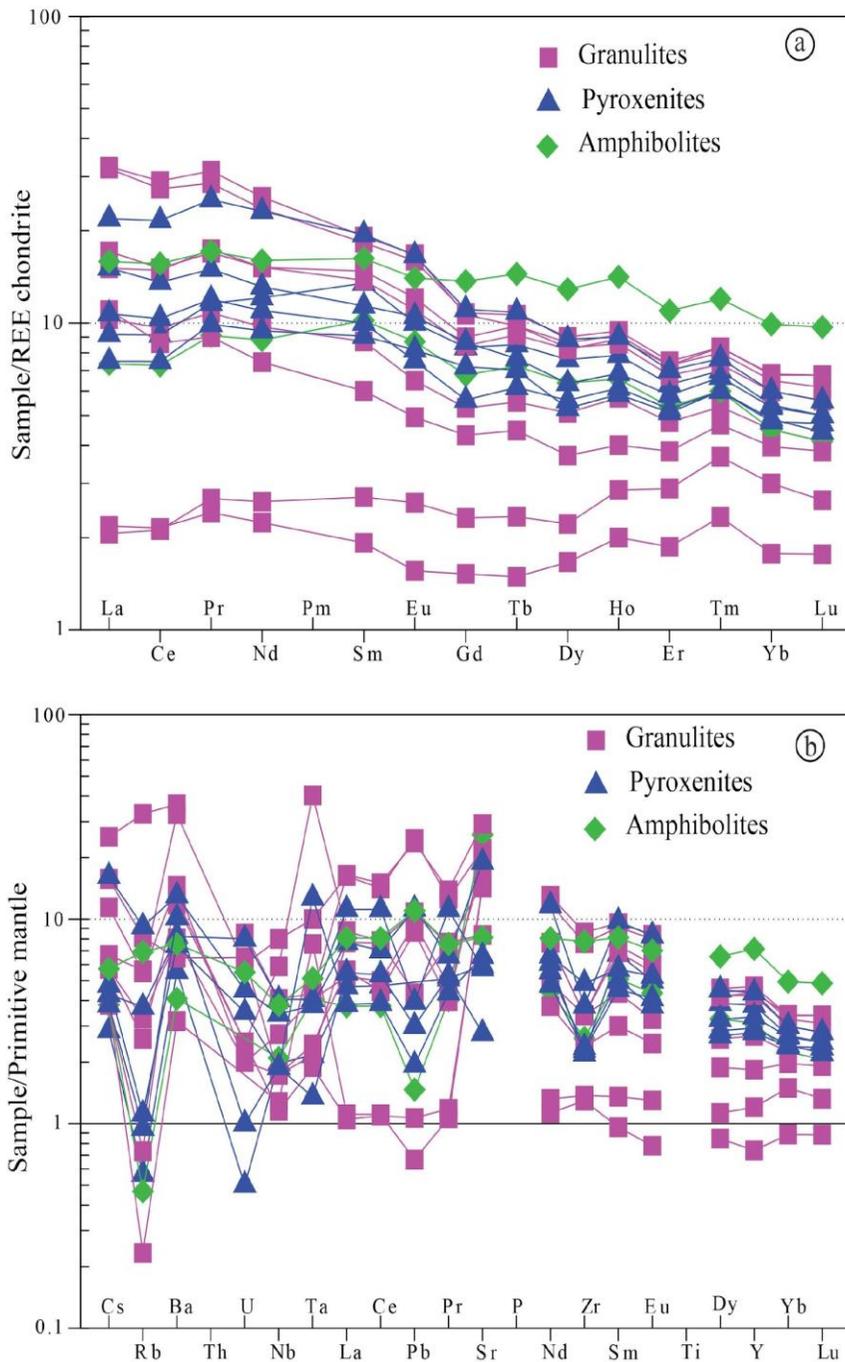
In the trace elements (Rb, Sr, Nd, Ba, Nb, Y, Ni, Cr) versus Zr diagrams (Harker, 1909) (Figure 6): granulites show a positive correlation between Zr vs Rb, Sr, Nd, Ba, Nb, Y and negative with Ni and Cr; pyroxenites show a positive correlation between Zr vs Rb, Sr, Nd, Ba, Nb, Y and negative with Ni and Cr; amphibolites show a positive correlation between Zr vs Rb, Nd, Ba, Nb, Y and negative with Sr and Ni.

Rare earth spectra normalized to chondrites (Nakamura, 1974) (Figure 7a) show that the rocks of the Djabatoure massif are moderately fractionated ( $0.62 \leq (La/Yb)_N \leq 4.84$ ). They are slightly rich in light rare earth elements ( $0.67 \leq (La/Sm)_N \leq 1.80$ ) and show generally flat heavy rare earth elements spectra ( $0.73 \leq (Gd/Yb)_N \leq 1.74$ ). These rocks record positive anomalies in Pr, Ho, Tm and negative in Ce, Nd, Gd, Dy, Er, Yb.

Multielement spectra normalized to the early mantle (McDonough and Sun, 1995) (Figure 7b) show that the rocks of the Djabatoure massif have positive anomalies in Ba, Ta, Sm, Y, and negative in Rb, U, Nb, Pb, Zr.



**Figure 6.** Traces elements (Rb, Sr, Nd, Ba, Nb, Y, Ni, Cr) versus Zr variation diagrams in Djabatoure massif rocks (Harker, 1909).



**Figure 7.** (a) Rare earth elements spectra normalized to chondrites (Nakamura, 1974) and (b) trace elements spectra normalized to the primitive mantle (McDonough and Sun, 1995) of the Djabatoure massif rocks.



## 4. Discussion

### 4.1. Petrography and metamorphic evolution

The petrographic study of the Djabatoure massif shows a diversity of rocks: granulites, pyroxenites, talcschists, amphibolites, and gneisses. The different mineralogical associations of the samples described are presented in Table 2. They show the different metamorphic episodes that affected these rocks.

Coronitic granulites are generally garnet-free. Coronitic textures are the result of reactions between plagioclases and orthopyroxenes in which clinopyroxene develops in the crowns around orthopyroxenes and amphiboles in those around plagioclases. This amphibole crown is late and results from the hydration of clinopyroxenes. The clinopyroxenes crown is the result of the reaction between plagioclases and orthopyroxenes, while the amphiboles crown is late and the result of the hydration of clinopyroxènes (Sabi et al., 2015; Agbossoumondé et al., 2017; Guillot et al., 2019; Kpanzou, 2023).

Garnet-bearing granulites represent facies without coronites. They are characterized by the mineralogical assemblage of Pl+Opx+Hbl+Grt.

Amphibolitization has led to the transformation of granulites (garnet-free or bearing-garnet) into amphibolites characterized by the Hbl+Pl+Qtz paragenesis, indicating the transition from granulite facies to amphibolite facies.

The pyroxenites have an Opx+Cpx+Pl+Hbl paragenesis and underwent a first retromorphosis in the amphibolite facies, with the replacement of pyroxenes by green hornblende, and a second one in the greenschist facies which led to serpentinization and talcschization (Sabi, 2007; Agbossoumondé et al., 2017; Guillot et al., 2019; Boukaoud et al., 2021; Tairou et al., 2022).

The garnet gneisses present mineralogical associations with Pl+Qtz+Bt+Hbl+Grt witnessing a high-grade metamorphism with the presence of garnet in their composition.

**Table 2.** Mineralogical composition of the petrographic facies of the Djabatouré massif

Petrographic facies	Main minerals	Accessory minerals
Garnet-free granulites	Pl+Cpx+Opx+Hbl	Ep+Opaque
Garnet-bearing granulites	Pl+Opx+Hbl+Grt	Opaque
Pyroxenites	Opx+Cpx+Pl+Hbl	Opaque
Amphibolites	Hbl+Pl+Qtz	Ep+Opaque
Talcschists	Cpx+Srp+Tlc	Ep+Opaque
Garnet-bearing gneiss	Pl+Qtz+Bt+Hbl+Grt	Opaque

#### 4.2. Fractional crystallization

The correlations observed in the Harker variation diagrams of major and trace elements, the parallelism of rare earth elements spectra and multi-element spectra, indicate an evolution of the different facies from the unique magmatic source.

The slight negative anomalies Nb-Ta and the enrichment in Rb and Ba imply the influence of recycling of crustal material (crustal contamination). The positive anomaly in Sr suggests plagioclase accumulation. The good linear correlation in the Harker diagrams reflects the intervention of a differentiation process by fractional crystallization in the evolution of the parent magmas of these massif rocks.

The increase of FeO versus SiO<sub>2</sub> in the granulites indicates the accumulation of opaque minerals such as magnetite and ilmenite. The negative correlation of MgO vs SiO<sub>2</sub> in the granulites shows the fractionation of pyroxene and amphibole in these rocks. The increase of Na<sub>2</sub>O and K<sub>2</sub>O versus SiO<sub>2</sub> in granulites and amphibolites indicates their richness in acid plagioclase. The increase in P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in granulites and amphibolites is indicative of either apatite crystallization or fluid circulation. The decrease of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and CaO vs SiO<sub>2</sub> in granulites and amphibolites marks an early crystallization of calcium plagioclase in the least evolved terms. The negative correlation of MgO and CaO versus silica in granulites reflects the simultaneous fractionation of olivine, pyroxene, and plagioclase in primary magmas (Guillot et al., 2019; Tairou et al., 2022; Kpanzou, 2023).

The increase in Rb and Ba contents suggests the high fractionation of plagioclase in these rocks. The decrease in Ni and Cr contents vs. Zr is consistent with the fractionation of ferromagnesian (pyroxene and amphibole) in these rocks. These elements could also be associated with MgO and FeO in pyroxenes (Hamlaoui et al., 2020; Kpanzou, 2023).

#### 4.3. Source of magmas

The Djabatoure massif metamagmatites have an intermediate to ultrabasic composition. They have mineralogical and chemical characteristics that allow them to be classified as gabbros and gabbroic diorites according to the terminology of Middlemost (1994). The petrographic characteristics reflect the chemical composition of these rocks with the abundance of hornblende, the presence of orthopyroxene and clinopyroxene, as well as apatite as accessory mineral. Negative anomalies of elements such as niobium, phosphorus and titanium, observed on the multielement spectra are fingerprints commonly attributed to subduction zone magmas. The negative anomaly in Nb is characteristic of continental tholeiites and of crustal contamination or metasomatism from a mantle source (Guillot et al., 2019; Kpanzou et al., 2022; Tairou et al., 2022; Kpanzou, 2023).

The genesis of these rocks is therefore compatible with emplacement in a magmatic arc context with simultaneous crustal assimilation and fractional crystallisation of magma probably derived from continental crust.

#### **4.4. Geotectonic environment**

Based on the petrogeochemical data of the Djabatoure massif metamagmatites, such as the tholeiitic affinity rocks with metaluminous signature, it can be proposed that they were emplaced in a probably extensive tectonic context (Duclaux, 2003; Guillot et al., 2019; Kpanzou et al., 2022). Geotectonic discrimination diagrams indicate that these rocks were emplaced in various contexts: intraplate tholéiites, N-MORB and volcanic arc basalts. The negative anomaly Nb is characteristic of continental tholeiites and crustal contamination. It suggests a context of subduction zones in which Nb is trapped.

The Djabatoure massif rocks have similar geochemical characteristics to those of the Kabye and Agou massifs, such as high Sr and Ba values, a negative anomaly in Nb, and enrichment in light rare earth elements (LREE) compared to heavy rare earth elements (HREE) (Sabi, 20007; Sabi et al., 2015; Agbossoumondé et al., 2017). The rocks of this massif have been classified as typical late-orogenic magmas probably derived from a mantle source, enriched, metasomatized by plunging plate fluids and subducted sediments during a subduction event (Affaton, 1990; Agbossoumondé, 1998; Duclaux, 2003; Sabi, 2007) and subsequently contaminated by the continental crust (Agbossoumondé et al., 2017; Liégeois, 2019; Aidoo et al., 2020; Kpanzou, 2023).

Despite the lack of isotopic data, the analogies of petrogeochemical studies of the rocks of the Djabatoure massif with those of the Kabye and Agou massifs allow them to be classified in the same geodynamic context.

#### **Conclusion**

Petrographic studies of the Djabatoure massif have identified: granulites, amphibolites, and gneisses representing foliated facies; massive to cumulative pyroxenites; schistose to laminated talcschists. Most of these rocks present mineralogies dominated by a primary paragenesis constituted by an abundance of plagioclase followed by clinopyroxene and a secondary paragenesis which is mainly represented by alteration minerals such as amphibole iron and titanium oxides. This paragenesis shows that these rocks underwent metamorphism in the granulite facies with a retrogression in the amphibolite facies. Thus, the massif has undergone a metamorphic evolution from granulitization to retromorphosis in the amphibolite facies.

Geochemical characterization shows that the rocks of the Djabatoure massif display metaluminous and tholeiitic affinity. Inter-element variations

indicate that these rocks evolved from a fractional crystallization process accompanied by crustal contamination. They were emplaced in various settings: intraplate tholéiites, N-MORB, and volcanic arc basalts. They are crustal base rocks uplifted by Pan-African tectonics in crustal sets. Geochemical trends clearly indicate emplacement in a subduction context.

The Djabatoure massif rocks show enrichment in LREE compared to HREE and sub-flat HREE spectra. The multi-element spectra show that most of the rocks are rich in mobile elements (Rb, Sr, and Ba) and have negative anomalies in Nb, P, and Ti. These characteristics are similar to those of rocks from a mantle source enriched and metasomatized during a subduction event.

### **Acknowledgements**

I would like to thank the authorities of the universities of the Coimbra Group who, through the "Coimbra Group Short Stay Scholarship Programme for young researchers from Sub-Saharan Africa", has granted me a laboratory research scholarship for the realization of geochemical analyses of rock samples. I also thank Professors Antonio GARCIA-CASCO and José María GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, both professors-researchers at the Department of Petrology and Mineralogy of the University of Granada in Spain, who agreed to support my application for the scholarship and to carry out the chemical analyses of my rock samples in their laboratory. We acknowledge the anonymous reviewers for their constructive comments which improve the quality of the initial manuscript.

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

**Conflicts of interest:** The authors have no conflicts of interest to declare.

### **References:**

1. Affaton, P. (1990). Le bassin des Volta (Afrique de l'Ouest) : une marge passive d'âge protérozoïque supérieur, tectonisée au Panafricain (600±50 Ma). Edit. ORSTOM, Collection Etudes & Thèses, Paris, 500p.  
[https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/pleins\\_textes\\_2/etudes\\_theses/31718.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_2/etudes_theses/31718.pdf)
2. Affaton, P., Gelard, J.P., Simpara, N. (1991). Paléocontraintes enregistrées par la fracturation dans l'unité structurale de l'Atacora (Chaîne Panafricaine des Dahomeyides, Togo). C. R. Acad. Sci., Paris, t. 312 : 763-768.  
<http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=19679359>

3. Agbossoumondé, Y. (1998). Les complexes ultrabasiques de la chaîne panafricaine au Togo (Axe Agou – Atakpamé, Sud-Togo). Etude pétrographique, minéralogique et géochimique. Thèse Doct. Lab. Géol. Pétro. Univ. Jean Monnet St. Etienne Fr., 306p.
4. Agbossoumondé, Y., Ménot, R.-P., Guillot, S. (2001). Metamorphic evolution of Neoproterozoic eclogites from South Togo (West Africa). *Jour. of Afr. Earth Sc.* [https://doi.org/10.1016/S0899-5362\(01\)80061-0](https://doi.org/10.1016/S0899-5362(01)80061-0) 33, 227–244.
5. Agbossoumondé, Y., Ménot, R.-P., Paquette, J.L., Guillot, S., Yéssoufou, S., Perrache, C. (2007). Petrological and geochronological constraints on the origin of the Palimé–Amlamé granitoids (South Togo, West Africa): A segment of the West African Craton Paleoproterozoic margin reactivated during the Pan-African collision. *Gondwana Research* 12, 476-488. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2007.01.004>
6. Agbossoumondé, Y., Ménot, R. P., Ganade de Araujo, C. E. (2017). Major, Trace Elements and Sr-Nd Isotopic Characteristics of High-Pressure and Associated Metabasites from the Pan-African Suture Zone of Southern Togo, West Africa. *Journal of Environment and Earth Science*, ISSN 2225-0948, Vol.7, No.2. <https://iiste.org/Journals/index.php/JEES/article/view/35429>
7. Aidoo, F., Sub, F.-Y., Liang, T., Nude, P.M. (2020). New insight into the Dahomeyide Belt of southeastern Ghana, West Africa: Evidence of arc-continent collision and Neoproterozoic crustal reworking. *Precambrian Research* 347 (2020) 105836. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.105836>.
8. Alayi, G. (2018). Les granitoïdes tardifs de la chaîne panafricaine des Dahomeyides au Togo: étude pétro-structurale, géochimique et géochronologique. Thèse Doctorat, FDS, Univ. Lomé-Togo, 256p.
9. Attoh, K. (1998). High-Pressure Granulite Facies metamorphism in the Pan-African Dahomeyide orogen, West Africa. *J. Geology*, 106 : 236-246. <https://doi.org/10.1086/516019>
10. Attoh, K., Dallmeyer, R.D., Affaton, P. (1997). Chronology of nappe assembly in the Pan-Africa Dahomeyide Orogen, West Africa: evidence from <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar mineral ages. *Precambrian research*, 82, pp. 153 – 171. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(96\)00031-9](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(96)00031-9)
11. Attoh, K., Morgan, J. (2004). Geochemistry of high-pressure granulites from the Pan-African Dahomeyide orogen, West Africa: constraints on the origin and composition of lower crust. *Jour.of Afr.Earth Sci.*, vol. 39, pp. 201-208. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2004.07.048>

12. Boukaoud, E. H., Godard, G., Chabou, M. C., Bouftouha, Y., & Doukkari, S. (2021). Petrology and geochemistry of the Texenna ophiolites, northeastern Algeria: Implications for the Maghrebien flysch suture zone. *Lithos* 390, 106019. [https://apps.umc.edu.dz/vrp/virtualeseminar/doc/Proceeding\\_Magmatism\\_Precambrian\\_bases\\_petrography.pdf](https://apps.umc.edu.dz/vrp/virtualeseminar/doc/Proceeding_Magmatism_Precambrian_bases_petrography.pdf)
13. Caby, R., Bertrand, J.M., Black, R. (1981). Pan-African closure and continental collision in the Hoggar. Ifora segment, central Sahara. In Kröner A. (Eds) *Precambrian Plate Tectonics*. Elsevier, Amst, pp. 407-434. <https://www.scirp.org/%28S%28351jmbntvnsjt1aadkozje%29%29/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1160492>
14. Caby, R., Boessé, J.M. (2001). Pan–African nappe system in southwest Nigeria: the Ife– Ilesha schist belt. *Jour.of Afr.Earth Sci.*, vol. 33 n°2, pp. 211- 225. DOI : 10.1016/S0899-5362(01)80060-9
15. Duclaux, G. (2003). Etude pétrologique et structurale des massifs basiques et ultrabasiques de la zone de suture panafricaine de la chaîne des Dahomeyides au Togo : Implications géodynamiques. Mém. DEA, Lab. Dyn. Lithos. Univ. J. Monnet, St-Etienne, 29p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28332.92809>
16. Ganade de Araujo, C.E., Rubatto, D., Hermann, J., Cordani, U.G., Caby, R., Basei, M.A.S. (2014a). Ediacaran 2,500-km-long synchronous deep continental subduction in the West Gondwana Orogen. *Nature Communications*, 5:5198. doi: 10.1038/ncomms6198.
17. Guillot, S., Agbossoumondé, Y., Bascou, J., Berger, J., Duclaux, G., Ménot, R.P., Schwartz, S. (2019). Transition from subduction to collision recorded in the Pan-African arc Complexes (Mali to Ghana). *Precamb. Res.* 320, 261–280. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2018.11.007>
18. Hamlaoui, H., Laouar, R., Bouhle, S., Boyce, A. J. (2020). Caractéristiques pétrologiques et géochimiques des roches magmatiques d'El Aouana, NE algérien". *Estudios Geológicos enero-junio*, e124 ISSN-L: 0367-0449, 76(1). <https://doi.org/10.3989/egeol.43391.510>
19. Harker, A. (1909). *The natural history of igneous Rocks*. Methuen and Co., London, 384p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511920424>
20. Irvine, T.N., Baragar, W.R.A. (1971). A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, 8: 523-548. <https://doi.org/10.1139/e71-055>
21. Kpanzou, S.A.M. (2017). Etude pétrographique et structurale du massif de Djabatouré et des massifs adjacents. Mém. Master, FDS, Univ. Lomé, 31p.

22. Kpanzou, S.A.M. (2023). Contribution à l'étude du complexe basique-ultrabasique de Djabatouré-Anié (Centre-Togo): Caractéristiques pétrostructurales, géochimiques et indices de minéralisations associés. Thèse de Doctorat unique, FDS, Univ. Lomé, 232p.
23. Kpanzou, S.A.M., Agbossoumondé, Y., Tairou, M.S. (2019). Caractérisation pétrostructurale du massif granulitique de Djabatouré. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), Spécial 2019*, 21(4-2) : 509-519. <https://www.ajol.info/index.php/jrsul/article/view/206992>
24. Kpanzou, S.A.M., Agbossoumondé, Y., González Jiménez, J.M., Tairou, M.S., Garcia-Casco, A. (2022). Pétrologie et métallogénie des indices de Ni-Cr associés au massif basique-ultrabasique de Oké, Togo. *Afrique SCIENCE* 21(1) : 53-69. <https://www.afriquescience.net/PDF/21/1/5.pdf>
25. Kwayisi, D., Elburg, M., Lehmann, J. (2021). Preserved ancient oceanic lithosphere within the Buem structural unit at the eastern margin of the west African craton, *LITHOS* (2021), <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2021.106585>
26. Liégeois, J.P. (2019). New synthetic Geological Map of the Tuareg shield: An Overview of its Global structure and Geological Evolution. Springer, Geology Switzerland, 83p. [https://apps.umc.edu.dz/vrp/virtualeseminar/doc/Proceeding\\_Magmatism\\_Precambrian\\_bases\\_petrography.pdf](https://apps.umc.edu.dz/vrp/virtualeseminar/doc/Proceeding_Magmatism_Precambrian_bases_petrography.pdf)
27. McDonough, W.F., Sun, S.S. (1995). The composition of the Earth. *Chemical Geology* 120, pp. 223–253. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)00140-4](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00140-4)
28. Ménot, R.-P. (1977). Les massifs basiques et ultrabasiques antémétamorphiques de la bordure Ouest du mole Dahoméo-nigérian. Essai de synthèse bibliographique. *Ann. Univ. Bénin, Lomé*, pp. 53-94. <https://www.researchgate.net/publication/327822999>
29. Ménot, R.-P. (1980). Les massifs basiques et ultrabasiques de la zone mobile panafricaine au Ghana, Togo et au Bénin. Etat de la question. *Bull. soc. Géol. Fr.*, 7 : 297-303. <https://doi.org/10.2113/gssgfbull.S7-XXII.3.297>
30. Ménot, R.-P. (1982). Les éclogites des Monts Lato : un témoin de l'évolution tectono-métamorphique de la chaîne pan-africaine du Togo (Afrique de l'Ouest). *Ist. intern. Eclogite Conf., Terra Cognita*, 2, (3), 320p. [https://www.persee.fr/doc/geoly\\_0750-6635\\_1982\\_num\\_87\\_1\\_1513](https://www.persee.fr/doc/geoly_0750-6635_1982_num_87_1_1513)
31. Ménot, R.-P., Seddoh, K.F. (1980). Le massif basique stratifié précambrien de Djabatoure-Soutouboua (région centrale du Togo, Afrique de l'Ouest). *Pétrologie et évolution métamorphique. Bulletin du B.R.G.M.* 4(4) : 319–337.

- <https://www.researchgate.net/publication/260887781>
32. Ménot, R.-P., Seddoh, K.F. (1985). The eclogites of Lato Hills (South Togo, West Africa): relies from early tectonometamorphic evolution of the Pan-African orogeny. *Chemical Geology*, 50, pp. 313–330. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(85\)90126-3](https://doi.org/10.1016/0009-2541(85)90126-3)
  33. Meschede, M. (1986). A method of discrimination between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology*, 56 : 207-218. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(86\)90004-5](https://doi.org/10.1016/0009-2541(86)90004-5)
  34. Middlemost, E.A.K. (1994). Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth Science Reviews*, 37 (3-4), pp. 215-224. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(94\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0012-8252(94)90029-9)
  35. Nakamura, N. (1974). Determination of REE, Fe, Mg, Na and K in Carbonaceous and ordinary Chondrites. *Geochemica and Cosmochimica Acta*, 38, 757-775. [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037\(74\)90149-5](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037(74)90149-5)
  36. Sabi, B.E. (2007). Etude pétrologique et structurale du Massif Kabyè, Nord-Togo. Thèse Doctorat, FDS, Univ. Lomé, 256p.
  37. Sabi, B.E., Gnazou, M.D.-T., Tairou, M.S., Togbé, K.A., Johnson, A.K.C. (2015). Granulitization of frontal nappes in the Kabyè massif in northern Togo. *European Scientific Journal* October 2015 edition vol.11, No.30 ISSN: 1857 – 7881. <https://core.ac.uk/reader/236412410>
  38. Shand, S.J. (1943). *Eruptive Rocks. Their Genesis, Composition, Classification and Their Relations to Ore deposits.* 2nd edition, Murby London, 444p. [https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1945539](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1945539)
  39. Sylvain, J.P., Collart, J., Aregba, A., Godonou, S. (1986). Notice explicative de la carte géologique 1/500.000è du Togo, Mém. n°6, D.G.M.G./B.N.R.M., Lomé – Togo. <https://scholar.google.com/scholar?q=+author:J.P.%20Sylvain>
  40. Tairou, M.S., Affaton, P., Sabi, B.E., Seddoh, K.F. (2009). Tectonometamorphic evolution of the Mo and Kara-Niamtougou Orthogneic Suites, Northern Togo. *Global Jour. of Geological Sciences*, vol. 7, n°2, pp. 93-100. <https://www.researchgate.net/publication/287411921>
  41. Tairou, M.S., Affaton, P. (2013). Structural Organization and Tectono-Metamorphic Evolution of the Pan-African Suture Zone: Case of the Kabye and Kpaza Massifs in the Dahomeyide Orogen in Northern Togo (West Africa). *International Journal of Geosciences* 04, 166-182. <https://doi.org/10.4236/ijg.2013.41015>

42. Tairou, M.S., Miningou, Y.M.W., Da Costa, Y.D., Kwekam, M. (2022). Petrostructural and Geochemical Characteristics of the Metamagmatites in the External Zone of the Dahomeyides Belt: Case of the Kantè Serpentinities (Northern Togo). *International Journal of Geosciences*, 2022, 13, 779-792. <https://www.scirp.org/journal/ijg>

## Effet de l'apiculture sur les Plantations d'anacardiens (*Anacardium Occidentale* L.) dans les Regions de Sedhiou et Kolda au Sud du Senegal

*Athanase Diatta*  
*Mohamed Mahamoud Charahabil*  
*Landing Ndiaye*

Laboratoire d'Agroforesterie et d'Ecologie (LAFE)  
Université Assane Seck de Ziguinchor (UASZ), Ziguinchor, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p222](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p222)

Submitted: 11 May 2023  
Accepted: 29 August 2023  
Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)  
Under Creative Commons CC-BY 4.0  
OPEN ACCESS

### Cite As:

Diatta A., Charahabil M.M. & Ndiaye L. (2023). *Effet de l'apiculture sur les Plantations d'anacardiens (Anacardium Occidentale L.) dans les Regions de Sedhiou et Kolda au Sud du Senegal*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 222.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p222>

### Résumé

La filière anacarde occupe une place importante dans la vie socioéconomique des paysans des pays producteurs. Au Sénégal, cette filière se heurte à plusieurs contraintes qui inhibe son essor. Face à ces contraintes, les ruches ont été introduites dans plantations d'anacardiens afin de booster la production de l'espèce et augmenter les revenus des producteurs. L'objectif de la présente étude est de contribuer à une meilleure compréhension de l'effet des ruches sur les plantations d'anacardiens dans les régions de Sédhiou et de Kolda au sud du Sénégal. **Méthodes d'études** : La comparaison entre les deux systèmes de production (plantation sans et avec ruche) a été faite sur la base du ratio floral, du rendement en noix de cajou, de leur qualité et de la rentabilité économique. Cette dernière a été évaluée en trois années successives (2019, 2020 et 2021). **De l'analyse des résultats**, ressort que les plantations d'anacardiens avec ruches ont enregistré les ratios floraux les plus élevés, soit en moyenne 8,5% à Sédhiou et 7% à Kolda contre 6% et 5% pour les plantations sans ruches respectivement dans les mêmes localités. Aussi, les anacardiens des plantations avec ruches de Sédhiou et Kolda produisent respectivement en moyenne 2,75 kg.arbre<sup>-1</sup> et 2 kg.arbre<sup>-1</sup> contre 1,75 kg.arbre<sup>-1</sup> et 1,5 kg.arbre<sup>-1</sup> dans les plantations sans ruches. L'importance de la présence

des abeilles dans les plantations d'anacardiens a été notée sur la qualité des noix à Sédhiou comme à Kolda avec des Kernel Out-turn Ratio (KOR) respectifs de : 52 contre 50 lbs et 51,5 contre 49,8 lbs. Sur le plan économique, les plantations apicoles de Kolda sont en moyenne plus rentables de quatre cent quatre-vingt mille quatre cent seize virgule six cent soixante-sept (480416,667 FCFA) que celles sans ruches. Le même scénario est observé au niveau des plantations avec ruches et sans ruches de Sédhiou où le différentiel économique des trois années de suivi de production est chiffré à six cent vingt-sept mille neuf cent seize virgule six cent soixante-sept (627916,667 FCFA). **Conclusion :** L'apiculture dans les plantations de cajou s'est avérée être une source de revenu additionnel surtout favorable pour les producteurs. Elle permet une meilleure amélioration de la productivité et de la qualité des noix d'anacardiens en Casamance.

---

**Mots clés :** Rendement, Ratio floral, Qualité, Anacardier et apiculture, rentabilité

---

## **Effect of Beekeeping on Cashew Plantations (*Anacardium Occidentale L.*) in the Regions of Kolda and Sedhiou in Southern Senegal**

*Athanase Diatta*

*Mohamed Mahamoud Charahabil*

*Landing Ndiaye*

Laboratoire d'Agroforesterie et d'Ecologie (LAFE)

Université Assane Seck de Ziguinchor (UASZ), Ziguinchor, Sénégal

---

### **Abstract**

The cashew sector occupies an important place in the socio-economic life of farmers in producing countries. In Senegal, this sector faces several constraints that inhibit its development. Faced with these constraints, hives have been introduced into cashew tree plantations in order to boost the production of the species and increase the income of producers. The objective of this study is to contribute to a better understanding of the effect of hives on cashew plantations in the regions of Sédhiou and Kolda in southern Senegal. **Study methods:** The comparison between the two production systems (plantation without and with hive) was made on the basis of the floral ratio, cashew nut yield, quality and economic profitability. The latter was assessed in three successive years (2019, 2020 and 2021). **From the analysis of the results,** it appears that cashew plantations with hives recorded the highest

floral ratios, i.e. on average 8.5% in Sédhiou and 7% in Kolda against 6% and 5% for plantations without hives. respectively in the same localities. Also, the cashew trees of the plantations with hives of Sédhiou and Kolda produce respectively on average 2.75 kg.tree<sup>-1</sup> and 2 kg.tree<sup>-1</sup> against 1.75 kg.tree<sup>-1</sup> and 1.5 kg.tree<sup>-1</sup> in plantations without hives. The importance of the presence of bees in the cashew tree plantations was noted on the quality of the nuts in Sédhiou as in Kolda with respective Kernel Out-turn Ratio (KOR) of: 52 against 50 lbs and 51.5 versus 49.8 lbs. On the economic plan, Kolda's beekeeping plantations are on average four hundred and eighty thousand four hundred and sixteen point six hundred and sixty-seven (480,416.667 FCFA) more profitable than those without hives. The same scenario is observed at the level of plantations with hives and without hives of Sédhiou where the economic differential of the three years of production monitoring is calculated at six hundred and twenty-seven thousand nine hundred and sixteen point six hundred and sixty-seven (627916.667 FCFA). **Conclusion:** Beekeeping in cashew plantations has proven to be a particularly favorable source of additional income for producers. She allows a better improvement of the productivity and the quality of cashew nuts in Casamance.

---

**Keywords:** Yield, floral ratio, quality, cashew and beekeeping, profitability

## I. Introduction

La production d'anacarde constitue une opportunité de développement socioéconomique pour les producteurs et pour leurs pays. En Afrique, entre 2011 et 2018, la production en noix brute est passée de 1 million à 1,8 million de tonnes avec une croissance annuelle de 5,8 % dont la moitié est produite par la Côte d'Ivoire, selon Planetoscope,( 2019) cité par (Ndiaye et al., 2020). Au Bénin, par exemple, la production de l'anacarde dégage des rentabilités financière et économique respectives de 34622,13FCFA.ha<sup>-1</sup> et de 65511,149 FCFA.ha<sup>-1</sup>(Tchéhouéya, 2012). Au Sénégal, avec une production nationale en noix de cajou brute estimée à 28 900 tonnes en 2019 (Hien, 2019), un producteur d'anacardes gagne en moyen 600 000 FCFA par campagne. Cette filière constitue un puissant levier dans la lutte contre la pauvreté et la création d'emplois.

En Casamance, au sud du Sénégal, où la production en noix de cajou représente environ 90% de la production nationale, la filière fait face à de multiples difficultés dont les rendements faibles (250 à 400 kg.ha<sup>-1</sup>) nettement en dessous de la moyenne en Afrique de l'Ouest (600kg à 1T.ha<sup>-1</sup>) (ACA, 2016). Dans cette partie du pays, environ 1/3 des familles rurales s'adonnent à l'apiculture. La récolte de miel et de cire en forêt est faite avec des techniques rudimentaires et contraignantes (PAEFK, 2004) ce qui caractérise les rendements faibles et une filière peu productive . En effet, l'offre nationale de

miel de l'ordre de 400T était considérée en 2004 par le PAEFK (Projet d'Appui à l'Entreprenariat Forestier de Kolda) largement inférieure à la consommation estimée à 1.000T. Le potentiel mellifère national demeurait ainsi largement sous exploité. Dès lors, plusieurs initiatives de l'état ont permis de mettre en place des dispositifs pour booster cette filière à haute importance socioéconomique. Ces actions sont orientées dans le sens du renforcement des capacités des producteurs, de l'intensification de la production par la diffusion de technologies adaptées aux contraintes de la femme et d'une meilleure valorisation du miel et de la cire qui constitue une option durable de création de revenus pour les populations rurales.

Les systèmes intégrés en agroécologie et comme technologie agroforestière ont toujours montré de résultats intéressants. Selon une étude de ACI (African Cashew Initiativ) en 2013, l'introduction de l'apiculture dans les vergers a augmenté la production par 116,7 % au Ghana et 212,5 % au Bénin. D'où l'intérêt d'une telle technologie en Casamance. L'objet de cette étude est de contribuer au développement de cette technologie agroforestière ; une meilleure connaissance pour une meilleure exploitation. Dans ce travail préliminaire, d'évaluer l'effet des ruchers sur le rendement, la qualité des noix et la rentabilité économique des producteurs.

## **Matériel et Méthodes**

### **Zone d'étude**

Depuis 2008, la Casamance est subdivisée en trois régions administratives (Ziguinchor, Sédhiou et Kolda). Dans ces deux dernières régions, l'étude a été réalisée au niveau des plantations d'anacardiens retenues dans le cadre du Programme d'Appui pour le Développement Économique de la Casamance (PADEC). A Kolda, après une visite de prospection, deux (02) plantations possédant des ruches fonctionnelles et deux (02) sans ruches, situées dans les départements de Kolda et Médina Yoro Foulah ont été retenues. A Sédhiou, quatre (04) plantations situées dans l'arrondissement de Djibanar dont deux à Manécounda et deux à Kounayang ont été retenues. A Manécounda comme à Kounayang, les plantations identifiées sont avec et sans ruchers fonctionnels. Les sites ont été choisis par rapport à leur accessibilité, particulièrement dans la région de Sédhiou. Au total, huit (08) plantations ont été suivies dans le cadre de cette étude (figure 1).

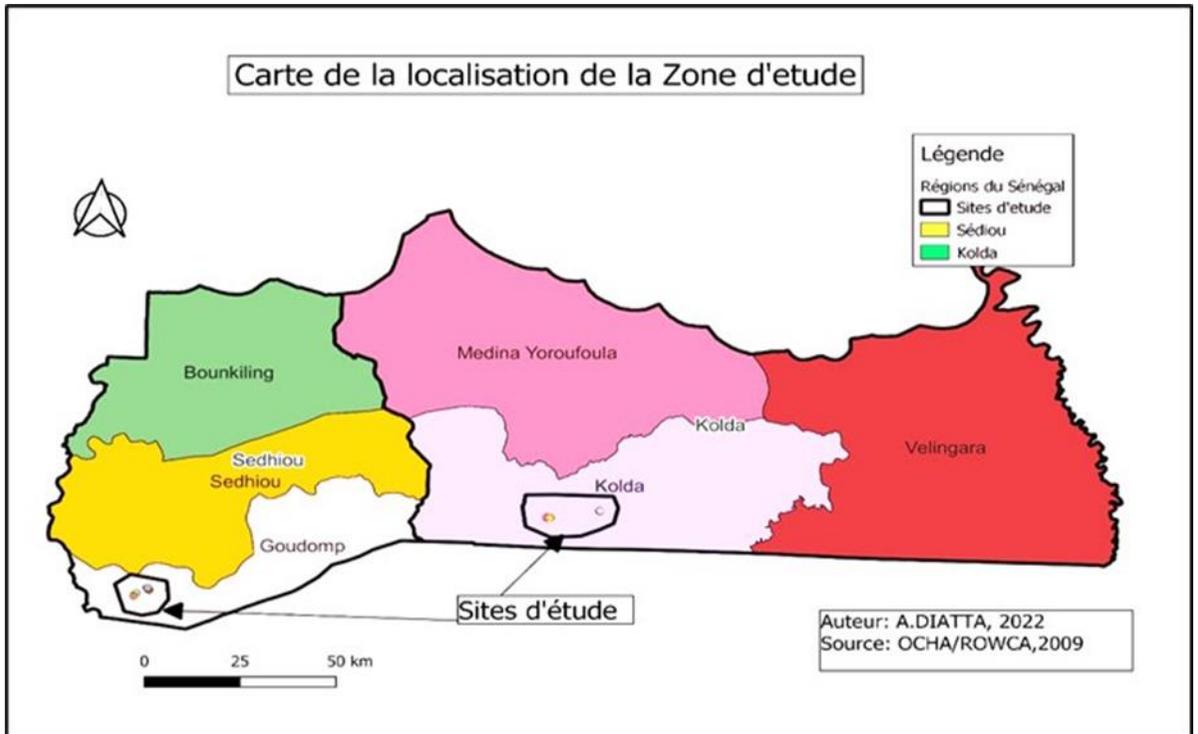


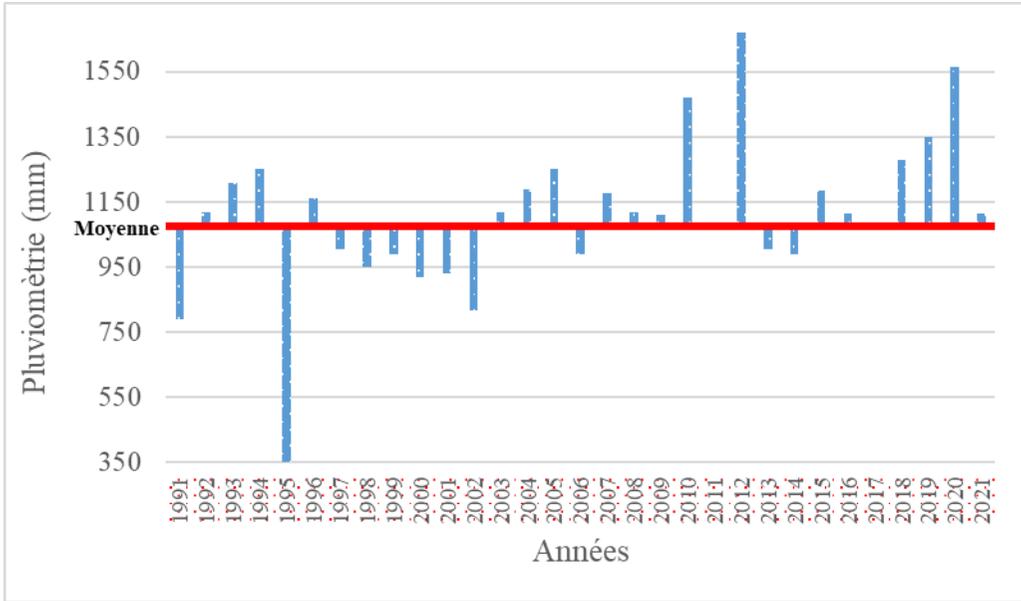
Figure 1 : carte de localisation des sites d'étude

### Climat et la pluviométrie

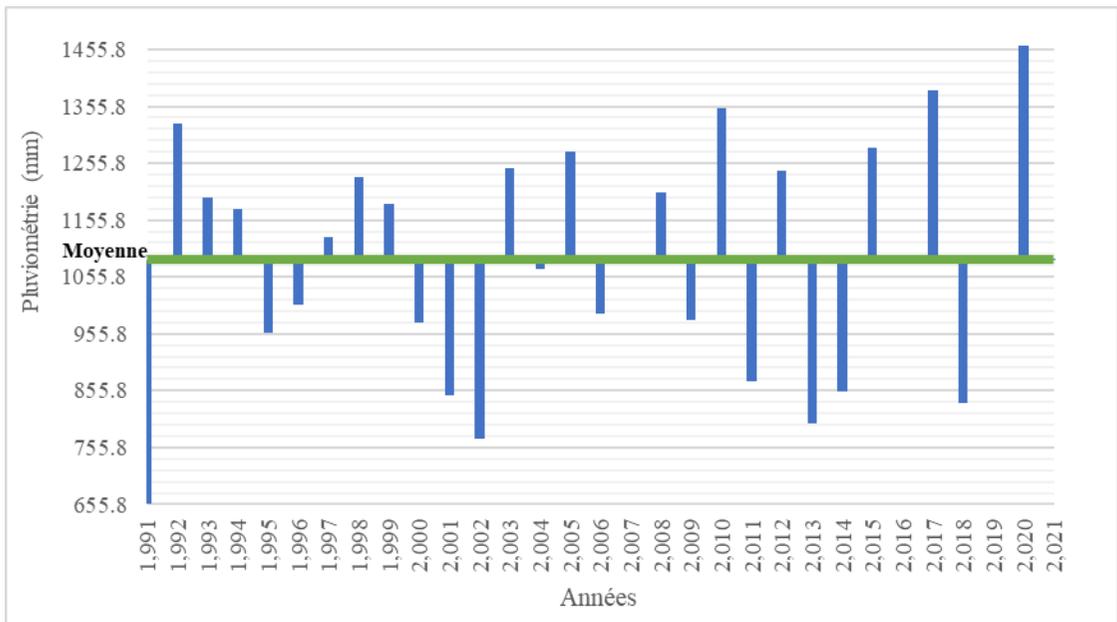
Les régions de Sédhiou et Kolda sont situées dans la zone climatique sub-guinéenne continentale avec une pluviométrie moyenne de :

- 1107,84 mm/an entre 1991-2021 pour la région de Sédhiou (figure 2)
- 1085,45 mm/an entre 1991-2021 pour la région de Kolda (figure 3) (ANACIM, 2023)

Ces deux régions sont marquées par l'alternance de deux saisons. Une saison sèche qui s'étale de novembre à mai, soit une période de 7 mois et une saison pluvieuse qui dure cinq mois de juin à octobre (ANSD, 2020).



**Figure 2 :** Variation de l'écart à la moyenne pluviométrique de la région de Sédhiou de 1991 à 2021 (ANACIM, 2023)



**Figure 3 :** Variation de l'écart à la moyenne pluviométrique de la région de Kolda de 1991 à 2021 (ANACIM, 2023)

### Le relief, les sols et la végétation

Les régions de Kolda et Sédhiou sont caractérisées par un relief généralement plat, avec des vallées plus ou moins inondables (Manzelli et *al.*, 2015). Les terres de transition que l'on retrouve entre les plateaux et les vallées

sont composées de pentes et de terrasses. Au niveau des plateaux des régions précitées, les formations les plus fréquentes sont les sols rouges ferrallitiques, sablo argileux avec une teneur en matière organique très faible. Dans les vallées, on retrouve les sols hydro morphes souvent exempts de salinité. Sur les pentes et les terrasses, se trouvent des sols hydro morphes de transition (sols gris) bien représentés en Moyenne Casamance (Manzelli et al., 2015). Suivant le topo séquence (terre ferme- espace marin), dans le reste de la région de Sédhiou on retrouve des sols halomorphes le long du fleuve Casamance et de ses affluents. Ce sont des sols de mangroves. Ils présentent souvent des problèmes de salinité limitant son exploitation à des fins agricoles (Manzelli et al., 2015). Le type de végétation est défini par la pluviométrie, les activités anthropiques et la nature des sols ou de la roche mère. Les principales formations végétales que l'on trouve dans cette partie de la Casamance sont : la savane arborée qui domine le couvert végétal et de la palmeraie qui abrite d'importants peuplements de palmiers à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.). La mangrove localisée dans les Bolongs et le long du Soungrougrou, est composée de *Rhizophora racemosa* (G.Mey.), en bordure et d'*Avicenia germinans* (L.), en vasière (ANSD, 2015). Cependant, dans cette partie sud du pays, les activités socioéconomiques sont dominées par l'agriculture pluviale qui occupe 80 % des ménages. Toutefois, la culture de l'anacarde est pratiquée par 20 % de la population en Casamance (PADEC, 2015).

## **Méthodes d'étude**

### **Enquêtes**

L'enquête a concerné les informations sur les ruches (état des ruches, taux de peuplement, productions annuelles en gâteaux de miel, etc.), les revenus des plantations avec ruches et sans ruches, l'âge des plantations, la densité des plantations cibles, la superficie, et les variétés cultivées. Un questionnaire a été administré aux 08 propriétaires des plantations d'anacardières des régions de Kolda et de Sédhiou.

### **Échantillonnage**

Dans le cadre de la collecte de données de production en noix des plantations avec ruches et sans ruches des régions de Kolda et Sédhiou, un échantillonnage aléatoire simple a été utilisé afin de déterminer la taille de l'échantillon à partir de la population mère. A cet effet, un prélèvement au hasard et de façon indépendante de « n » unités d'échantillonnage d'une population de « N » a été effectué.

$$\text{Taille de l'Échantillon} = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}}$$

**n**= taille de l'échantillon ;

N= population mère, soit le nombre total de pieds des huit (08) plantations, une marge d'erreur de 10% avec un niveau confiance de 90% et un taux de sondage de 3%.

$$\text{or } n=1/d^2 \text{ alors } n = 1/d^2 / 1 + \frac{1/d^2}{N}$$

La taille de l'échantillon est de 96 anacardiers sur 3181 des anacardiers de l'ensemble des 08 plantations suivies. Ces anacardiers ont été géo localisés et marqués à la peinture rouge.

### **Dispositif expérimental**

Les anacardiers caractérisés dans les plantations étudiées ont été choisis selon le dispositif expérimental ci-dessous figure 4. Dans les plantations avec ruche, la position du rucher, circonscrit dans un rayon de 200 m, a servi de repère pour la sélection des arbres. Le choix de ce rayon est imputable à la superficie des plantations atteignant rarement 5 ha et la mobilité des abeilles pouvant aller jusqu'à plus de 350 m de distance (Fougeroux et *al.*, 2017). Les anacardiers ont été choisis suivant l'emplacement du rucher, les orientations (Est-Ouest et Sud-Nord) et l'écartement (10m x 10m). Le premier anacardier a été retenu à dix mètres du rucher et suivant l'orientation Sud-Nord. Les autres ont été choisis sur une distance de 10m sur le même axe. Le même schéma a été utilisé sur l'orientation Est-Ouest. Dans les plantations sans ruches, le choix du repère est arbitraire pour l'installation du dispositif. Cependant le choix du premier arbre est opéré en fonction de l'orientation obtenue dans la plantation avec ruches. Et les autres arbres retenus suivant le même schéma (orientation Est-Ouest et Sud-Nord avec une équidistance de 10 m). Au total 96 anacardiers ont été choisis pour les 08 plantations avec ruches et sans ruches retenus pour cette étude.

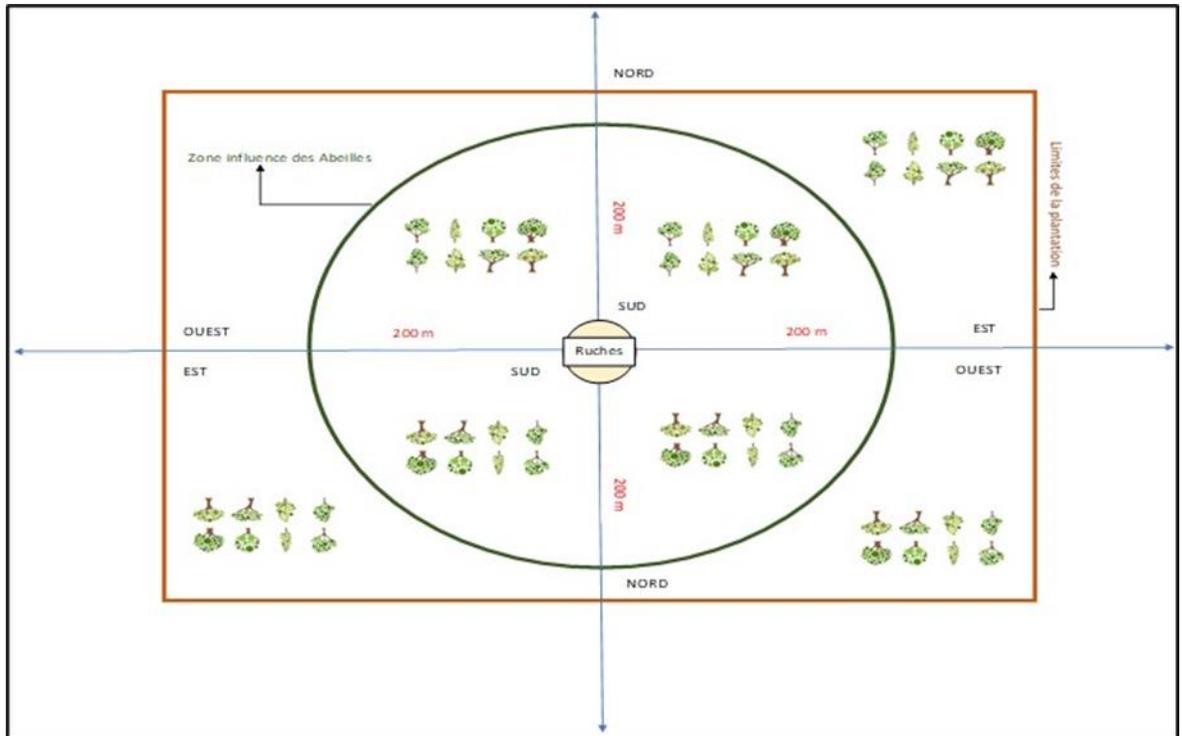


Figure 4 : Dispositif expérimental

### Caractérisation dendrométrique et florale des anacardiérs

La caractérisation dendrométrique et florale a porté sur 96 arbres répartis dans quatre plantations (deux avec ruches et deux sans ruches). Les plantations avec ruches et sans ruches sont séparées par une distance minimale de 1000 m. Les mensurations ont porté sur la hauteur de l'arbre, le diamètre du tronc et du houppier. La hauteur totale (Ht) a été mesurée à l'aide d'un blum-leiss (Akadie, 2014).

Le diamètre du tronc (Dt) à hauteur de poitrine (1,30 m) a été mesuré à l'aide d'un compas forestier. Les diamètres du houppier (Dh), suivant les sens Est-Ouest et Nord-Sud ont été mesurés à l'aide d'un double décimètre en ruban.

La caractérisation florale a porté sur le ratio floral des anacardiérs des plantations avec ruches et sans ruches. Le ratio floral est un facteur déterminant dans la production et dont la formule proposée par l'(IPBGR et *al.*, 1986) est la suivante.

$$Rf = \frac{\text{Nombre de fleurs biséxuées}}{(\text{Nombre de fleurs hermaphrodites} + \text{Nombre de fleurs mâles})}$$

Un échantillon de quatre inflorescences par arbre est collecté de manière aléatoire, correspondant à une panicule par point cardinal. Au total

304 inflorescences ont été caractérisées dans cette étude. La distinction des sexes de la fleur est basée sur la présence ou non de stigmate (figure 5).



**Figure 5** : Les différents types de fleurs d'anacardier : (A) = Fleurs mâles, (B) = fleurs stériles et (C) = Fleurs hermaphrodites (Crédit photo : Salifou et Massawé, 2018)

### **Évaluation de la production**

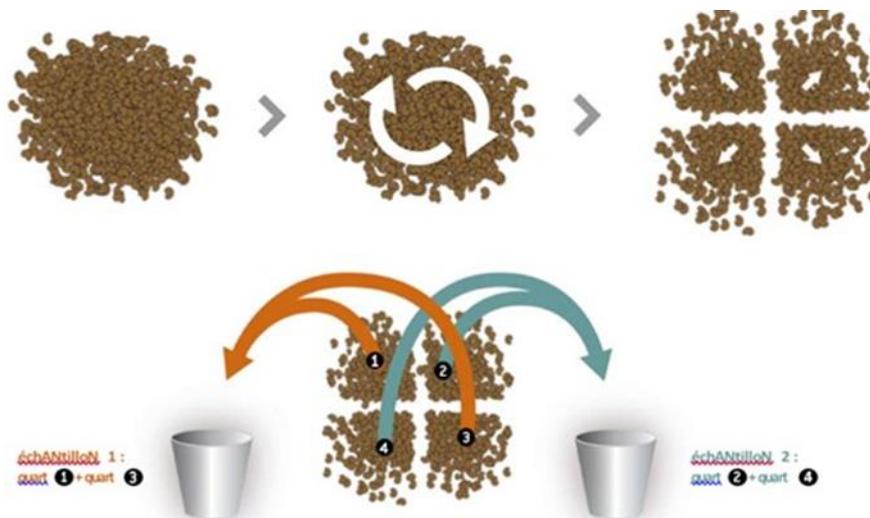
Le rendement en noix de cajou a été évalué trois années de suite (2019, 2020, et 2021). La production en noix de cajou des pieds suivis a été quantifiée au terme des campagnes 2019, 2020 et 2021. A cet effet, des sacs de stockage de noix ont été distribués aux bénéficiaires des plantations à la suite du marquage à la peinture des 96 arbres retenus (taille de l'échantillon).

### **Détermination de la qualité des noix**

Dans le cadre du contrôle qualité, la méthode ACI, ( 2016) a été adoptée. Toutefois, pour cette étude, quatre (04) lots ont été constitués. Région de Kolda : 1<sup>ère</sup> lot plantations avec ruches, 2<sup>ème</sup> lot des plantations sans ruches. Région de Sédhiou : 3<sup>ème</sup> lot plantations avec ruches et 4<sup>ème</sup> lot plantations sans ruches. Ainsi, pour déterminer le KOR, un prélèvement des noix brutes de cajou s'est fait à partir des stocks dans les champs des paysans pour un total de 79 échantillons soit 118,5 Kg de noix. Les échantillons ont été séchés au soleil pendant 5 jours afin de ramener le taux d'humidité entre 7 et 10 %. Répartis en quatre lots, chacun d'entre eux est soigneusement mélangé puis divisé en 4 parts plus ou moins égales. Chaque part est appelée « quart », ce qui donne alors quatre « quarts » opposés deux à deux. Ainsi, le premier « quart » est opposé au troisième « quart », le deuxième « quart » est opposé au quatrième « quart ». Chaque échantillon doit provenir de deux « quarts » opposés. Pour cela, on obtient :

Échantillon 1 provenant du premier « quart » et du troisième « quart ».

Échantillon 2 provenant du deuxième « quart » et du quatrième « quart ».



**Figure 6:** Processus d'échantillon (ACi, 2016)

### Traitement des données

Les données ont été traitées à l'aide du logiciel R version 4.1.3. Le test de Shapiro et Wilk (1965) a été appliqué à l'ensemble des variables étudiées afin de vérifier les conditions de normalité des données. Ainsi, pour le test de comparaison des moyennes, des tests paramétriques ont été effectués au seuil de significativité de 5%. A cela s'ajoutent les tests comme : test Friedman, de Kruskal pour le KOR, de Newman Keuls pour vérifier l'existence de différences.

### Résultats

#### Caractéristiques des exploitations d'anacardières

Une caractérisation des exploitations d'anacardières a permis d'évaluer la diversité morpho métrique des pieds d'anacardières des vergers étudiés. Pour les 08 exploitations étudiées, les vergers de Kolda ont un âge moyen de 20,5 contre 23,5 pour les vergers de Sédhiou. Donc un écart de trois (3) ans entre les vergers des deux régions. Ces vergers sont également caractérisés par des superficies moyennes de  $\pm 2,5$ ha dans les deux régions. L'écartement entre les pieds varie entre les régions entre les plantations :

- 10 x 10 m pour six (06) vergers (quatre de Sédhiou et deux à Kolda),
- 10 x 05 m pour deux (2) vergers situés à Kolda.

La variété *Costa-Rica* est celle rencontrée dans l'ensemble des champs.

Le tableau 1 représente le test de comparaison de moyenne des paramètres dendrométriques étudiés (hauteur total, Diamètre à hauteur

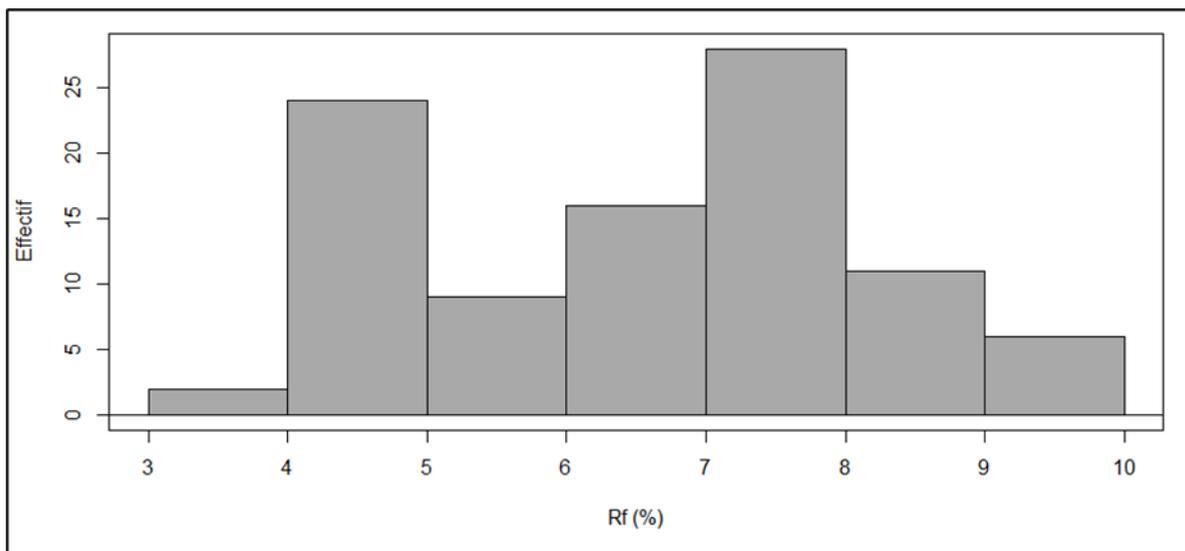
d'homme et diamètre du houppier) dans les différentes plantations étudiées. Son analyse montre qu'il n'y a pas une différence significative entre les plantations des deux régions étudiées, sauf pour la hauteur des arbres avec un p-value = 0,040.

**Tableau 1:** test de comparaison des moyennes des paramètres dendrométriques

Régions	Kolda/Sédhiou	Kolda/Sédhiou	Kolda/Sédhiou
Paramètres étudiés	Dh	Dt	Ht
P-value/moy	0,366	0,514	0,040

### Analyse distributive du ratio floral des plantations avec ruches et sans ruches dans les régions de Kolda et Sédhiou

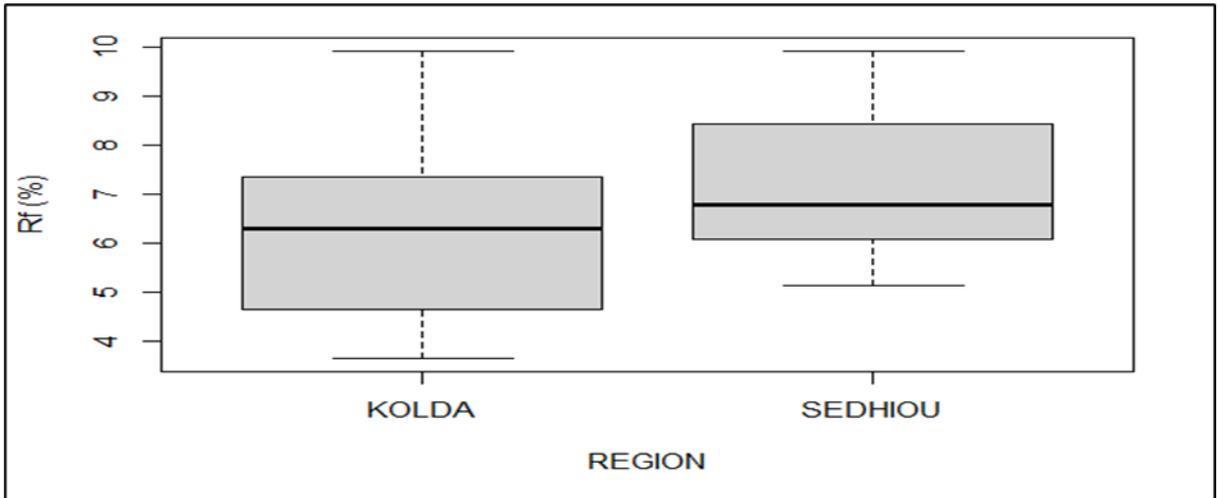
Les résultats de l'analyse de la distribution du ratio floral des huit plantations montrent que le ratio floral varie entre 2,06 et 10%. Toutefois, les arbres les mieux représentés sont ceux qui ont un ratio floral sur les intervalles 7 à 8% et 4 à 5% et les moins représentés se trouvent dans les intervalles : 3 à 4%, 5 à 6% et 8 à 10%. Cette tendance renseigne sur l'hétérogénéité du ratio floral des plantations étudiées (Figure 7).



**Figure 7 :** Ratio floral des plantations étudiées

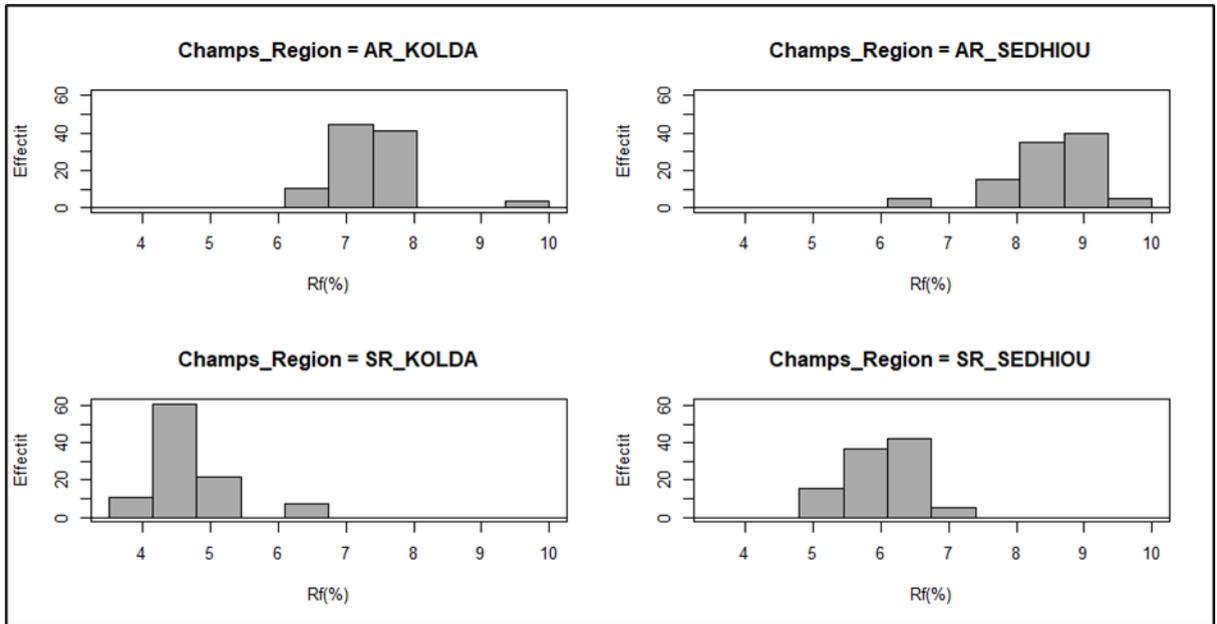
La comparaison de la distribution des données du ratio floral entre les deux régions est représentée par la Figure 8. La région de Sédhiou enregistre le meilleur ratio floral de par la disposition de sa boîte en moustache plus haut que celle de la région de Kolda plus basse. A cet effet, 50% des anacardiens de la région de Sédhiou ont un ratio floral  $\geq 6,5\%$  contre 50% des anacardiens de la région de Kolda avec un ratio floral  $\leq 6,2\%$ . De plus, la région de Sédhiou consigne l'écart interquartile le plus faible avec 2% contre 3%. Cette tendance

montre que le ratio floral de la région de Sédhiou est plus homogène. Cependant avec l'analyse de la variance, aucune différence significative ( $p = 0,71$ ) du ratio se distingue entre les sites.



**Figure 8 :** Distribution du ratio entre la région de Kolda et Sédhiou

La Figure 9 présente la comparaison du ratio floral entre les plantations avec ruches et celles sans ruches des régions de Sédhiou et Kolda. L'analyse des résultats montre que les plantations avec ruches ont le meilleur ratio floral (8 à 10%) pour la région de Sédhiou et (6 à 8%) pour la région de Kolda. Par contre, les plantations sans ruches enregistrent les ratios les plus faibles avec (5 à 7%) pour la région de Sédhiou et (4 à 6%) pour la région de Kolda. Cependant, le test de Bartlett (1937) d'homogénéité des écarts ne donne aucune différence significative du ratio floral quel que soit la zone ou le type de plantation, avec une  $p = 0,3168$ .



AR : champ avec ruche, SR : champ sans ruche

Figure 9 : Le ratio floral des plantations avec ruches et sans ruches à Sédhiou et à Kolda

### Analyse du rendement en kg/arbre des plantations avec ruches et sans ruches dans les plantations étudiées

La distribution du rendement des anacardiens en kg par arbre présenté par la figure 10 montre que la production en noix brute de cajou par arbre varie entre 0,5 à 4 kg. Cependant, la production des arbres est plus importante entre 3,5 à 4 kg et assez faible entre 0,5 à 1kg.

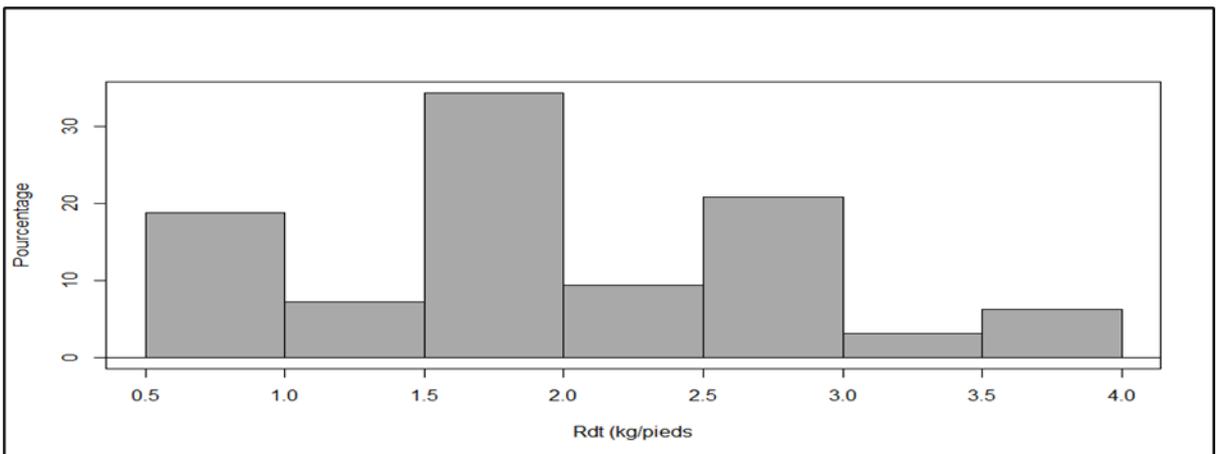
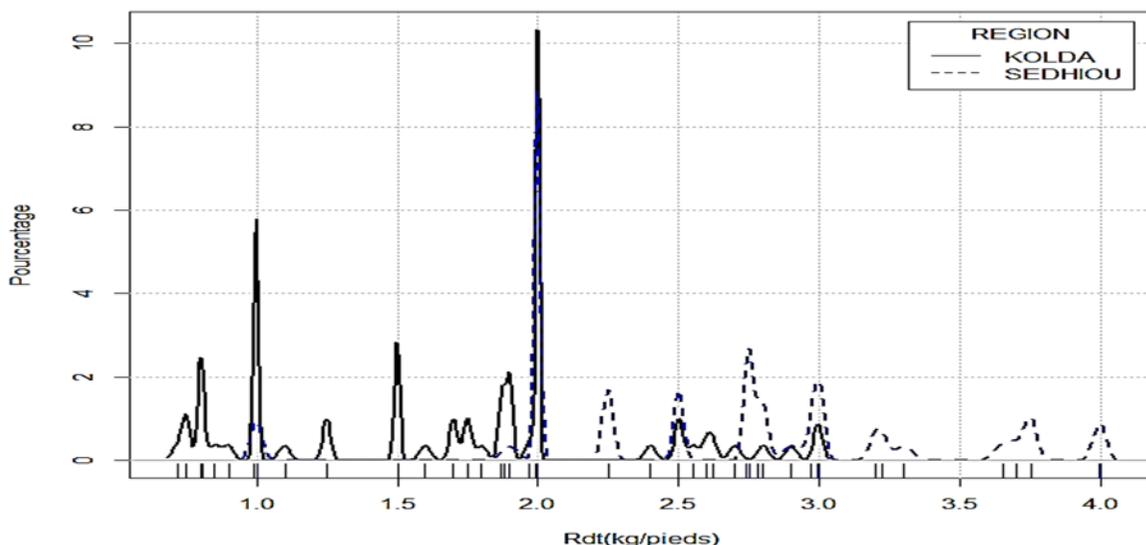


Figure 10 : Rendement en noix brut de cajou en kg/arbre

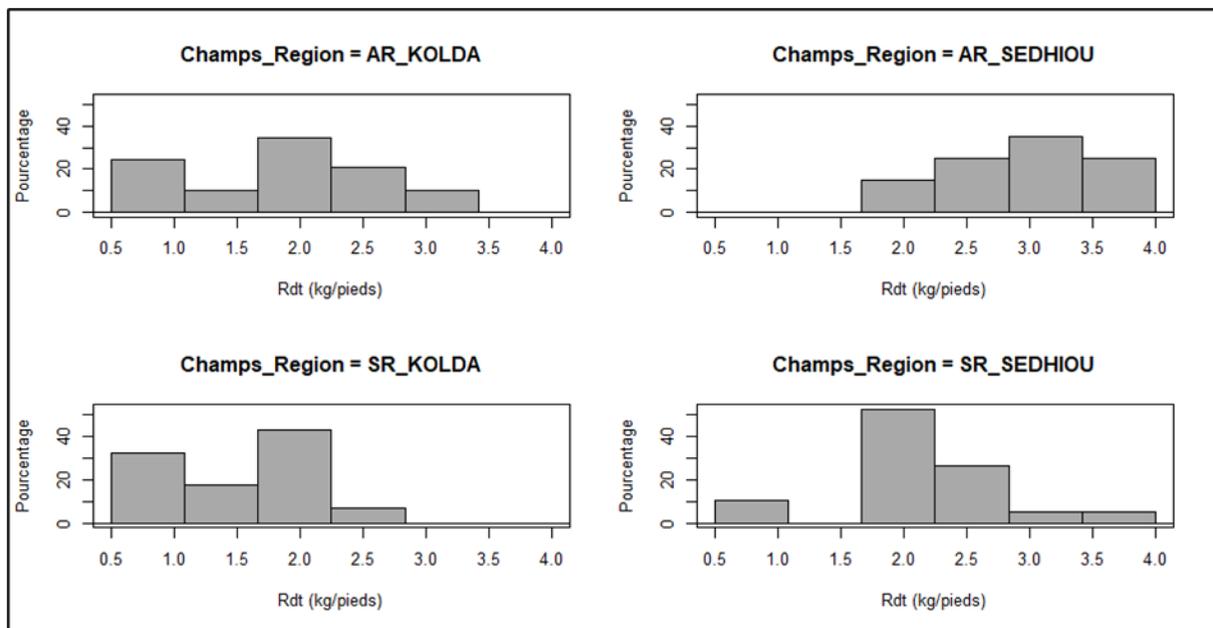
Le rendement en noix brute de cajou par arbre en fonction de la région est représenté par la Figure 11. Les résultats indiquent une variation du

rendement en fonction des régions. Le rendement/arbre est plus élevé à Sédhiou, avec une production max de  $4 \text{ kg}\cdot\text{arbre}^{-1}$  contre une production max de  $2 \text{ kg}\cdot\text{arbre}^{-1}$  pour la région de Kolda. Mais l'analyse de variance n'a révélé aucune différence significative ( $p = 0,4663$ ) entre le rendement obtenu à Sédhiou et à Kolda.



**Figure 11** : Rendement en noix brute d'acajou en fonction des régions (Sédhiou et Kolda)

La Figure 12 présente la variation du rendement en noix de cajou par arbre en fonction de la région et du type de technologique (avec ruches ou sans ruches). L'analyse de la variance, montre que les plantations avec ruches dans la région Sédhiou comme dans la région de Kolda enregistrent les meilleurs rendements avec 1,5 à 4 kg/arbre pour la région de Sédhiou et 0,5 à 3,5 kg/arbre pour la région de Kolda. Les plantations sans ruches enregistrent les plus faibles rendements avec 0,5 à 2,5 kg pour la région de Kolda et 0,5 à 3 kg pour la région de Sédhiou. Ces dernières sont significativement différentes en rendement brute en noix de cajou par arbre. Cette tendance se justifie globalement par la présence ou non des ruches dans les plantations d'anacardières. Cependant, le test de Bartlett d'homogénéité des écarts ne donne aucune différence significative ( $p = 0,3559$ ) du rendement quel que soit la zone ou le type de plantation.



**Figure 12 :** Rendement en kilogramme par arbre des plantations avec et sans ruches (Sédhiou, Kolda)

### Analyse comparative de la qualité des noix des différents types de plantations étudiées

Dans le (tableau 2) ci-dessous sont consignées les données de l'analyse des résultats relatifs au contrôle qualité des noix.

Pour le grainage, les analyses montrent que dans le lot des plantations avec ruches de Kolda, il est de 219 noix.kg<sup>-1</sup>, contre 229,5 noix.kg<sup>-1</sup> dans les plantations sans ruches. A Sédhiou, la tendance est pareille : 212,5 noix.kg<sup>-1</sup> contre 226 noix/kg. En comparant les mêmes systèmes de production, Sédhiou enregistrent le meilleur grainage tant avec les ruches (212,5 noix.kg<sup>-1</sup> contre (219 noix.kg<sup>-1</sup>) et sans ruches (226 noix.kg<sup>-1</sup> contre 229,5 noix.kg<sup>-1</sup>).

Le taux de défaut varie aussi en fonction de la localité et de la présence des ruches. C'est ainsi que l'on note à Kolda 13,56% de taux défaut dans les plantations avec ruche contre 14,74% dans les plantations sans ruches. Même tendance à Sédhiou : 12,35% contre 13,7%.

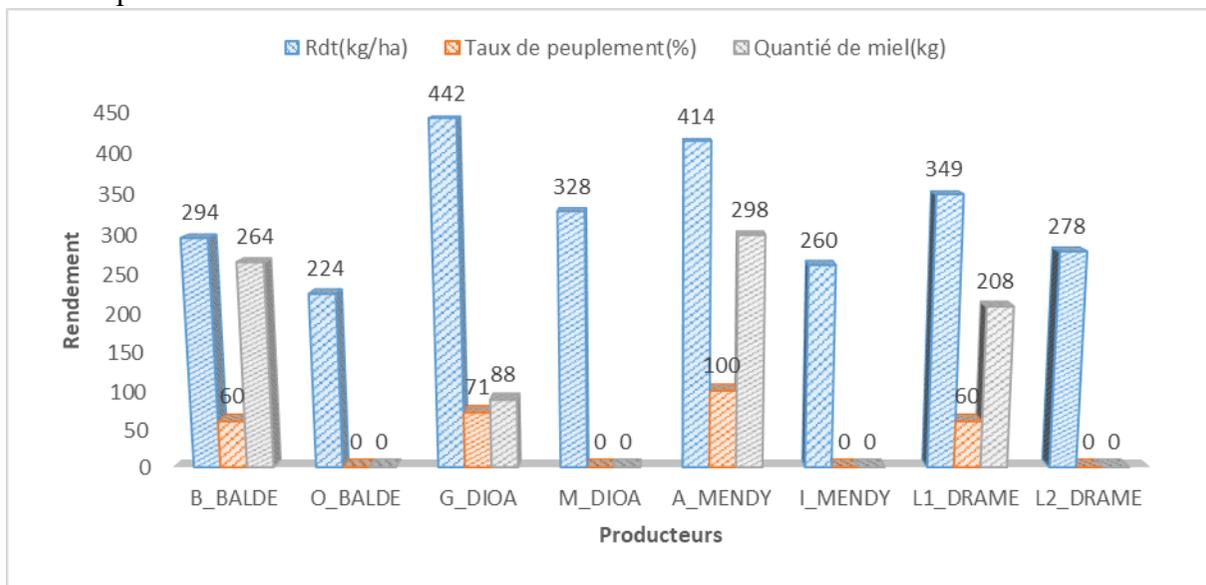
Dans les plantations avec ruches de Kolda, l'out-turn (KOR), est estimé à 51,19 lbs contre 49,8lbs pour les plantations sans ruches. Même tendance pour Sédhiou : 52 lbs contre 50 lbs. Les tests de comparaison de moyenne n'ont cependant montré une différence significative entre les types de plantations (tableau 2).

**Tableau 2 : Facteurs d'appréciation du KOR**

Région	Types de plantations	Grainage	TD	KOR
Kolda	Plantation (Apicole)	219	13,56	51,19
	Plantation (Témoin)	229,5	14,74	49,8
Sédhiou	Plantation (Apicole)	212,5	12,35	52
	Plantation (Témoin)	226	13,7	50
Probabilités		0,8034	0,8158	0,4704

### Analyse du rendement en kg/hectare des plantations avec ruches et sans ruches dans les régions de Kolda et Sédhiou

La figure 13 montre l'effet de l'apiculture sur les rendements des plantations. Pour une superficie totale de 10,2 hectares de quatre (04) producteurs associant l'apiculture à l'anacarde, la production (ha) est estimée à 3 626 kg soit 355,49 kg/ha. Et pour quatre (04) producteurs d'une superficie totale de 10,5hectares sans apiculture, la production (ha) est de 2784 k soit 265 kg/ha. Quant à la production des gâteaux de miel, les statistiques suivantes sont établies par les producteurs. B\_BALDE avec un taux de peuplement de 60%, la récolté est estimé à 264 kg soit 186 litres ; G\_DIAO, pour un taux de peuplement de 71%, il récolte 88 kg de gâteaux de miel soit 62 litres ; A\_MENDY, pour 100% de taux de peuplement, son rendement est estimé à 298 kg soit 202 litres et en fin pour L1\_DRAME, pour 60% de taux de peuplement, son gain en gâteaux de miel est de 208 kg soit 147 litres. Ce schéma indique clairement l'effet positif de l'apiculture sur les rendements des plantations d'anacardiers.



**Figure 13 : Effet de l'apiculture sur le rendement des plantations d'anacardier**

## Analyse des déterminants économiques des plantations avec ruches et sans ruches dans les plantations étudiées

Les résultats analytiques consignés dans le tableau 3 renseignent sur les revenus tirés dans les plantations avec ruches et sans ruches. De l'analyse de ce tableau, il ressort que les plantations avec ruches sont, de loin, plus rentables que celles sans ruches. Le revenu moyen annuel des plantations avec ruches de Kolda est de cinq cent soixante-dix-sept mille quatre-vingt-trois virgule trois cent trente-trois (577083,333F CFA), contrairement aux plantations sans ruches dont le revenu moyen annuel est de trois cent vingt-cinq mille (325000F CFA). A Sédhiou, les plantations avec ruches ont un revenu moyen annuel de trois cent soixante-quatorze mille huit cent quatre-vingt-quinze virgule huit cent trente-trois (374895,833F CFA) contre, trois cent quinze mille quatre cent seize virgule trois cent trente-trois 315416,333F CFA pour les plantations sans ruches. Les revenus totaux obtenus dans les plantations avec ruches de Kolda varient de 1 047 500 FCFA à 2 415 000 FCFA et est, de très loin, supérieur à ceux des plantations sans ruches estimés entre 905 000 FCFA et 1 045 000 FCFA. A Sédhiou, les revenus totaux des plantations apicoles sont compris entre 2 187 500 FCFA et 2 227 500 FCFA contre 942 500 FCFA et 950 000 FCFA pour les plantations témoins. Pendant les trois années de productions, les plantations apicoles de Kolda sont de sept cent soixante-quinze mille (756 000 FCFA) plus rentables que les plantations sans ruches. Le même scénario est observé au niveau des plantations avec ruches et sans ruches de Sédhiou où le différentiel économique des trois années de suivi de production est chiffré à 1 261 250 FCFA.

**Tableau 3 :** Revenus des plantations avec et sans ruches dans les régions de Kolda et Sédhiou

Région	Types de plantations	Revenu 2019 (FCFA)	Revenu 2020 (FCFA)	Revenu 2021 (FCFA)	Revenu Total (FCFA)	Revenu Moyen (FCFA)
<b>Kolda</b>	Plantation apicole (3,7ha)	737 500	807 500	870 000	<b>2 415 000</b>	<b>805000</b>
	Plantation témoin (3,5ha)	350 000	300 000	395 000	<b>1 045 000</b>	<b>348333,33</b>
	Plantation apicole (1,5 (ha)	275 000	407 500	365 000	<b>1 047 500</b>	<b>349166,67</b>
	Plantation témoin (2ha)	320 000	275 000	310 000	<b>905 000</b>	<b>301666,67</b>
<b>Sédhiou</b>	Plantation apicole (2ha)	675 000	767 500	745 000	<b>2 187 500</b>	<b>729166,67</b>
	Plantation témoin (2,5ha)	315 000	310 000	317 500	<b>942 500</b>	<b>314166,67</b>
	Plantation apicole (3ha)	742 500	722 500	762 500	<b>2 227 500</b>	<b>742500</b>
	Plantation témoin (2,5ha)	300 000	300 000	350 000	<b>950 000</b>	<b>316666,67</b>

## Discussion

Ce travail a pour objectif de contribuer à la compréhension des avantages d'un système intégré Cajouculture /apiculture dans les régions de Kolda et de Sédhiou. Les effets du système ont été observé sur le ratio floral, le rendement et la qualité des noix, et la quantité de miel produit et sur le revenu des producteurs.

### ***Ratio floral et rendement en noix***

Le ratio floral des plantations étudiées varie entre de 4 à 10% que ce soit dans le système cajou/ruche ou cajou sans ruche. (Ndiaye et al., 2019) avait trouvé un ratio approximatif, variant entre 5,6 à 12,7 % dans les plantations de Sédhiou au sud du Sénégal en particulier dans la région de Sédhiou. Celui du Bénin, compris entre 0,004 et 0,273 (Chabi Sika et al., 2015) encadre celui de la présente étude. A ce qui concerne le rendement dans les plantations, étudiées, il est assez faible avec une production moyenne de 2,25 kg.arbre<sup>-1</sup>. Ces résultats sur la production des anacardiens de ladite étude sont très en dessous de ceux trouvés avec le travail de (Jocelyn, 2016) d'après qui, un arbre produit en moyenne 15 kg de fruits par an sur toute sa vie, avec une pointe vers la dixième année à 30 kg.arbre<sup>-1</sup>. C'est le cas également en Inde, où les rendements en noix de cajou varieraient de 0 à 48 kg.arbre<sup>-1</sup> (Samal et al., 2003) et de 0 à 50 kg.arbre<sup>-1</sup> (Dasmohapatra et al., 2014). Ces faibles rendements des plantations étudiées dans cette partie sud du Sénégal se justifie par le vieillissement des plantations avec une moyenne d'âge de 24 ans, le non-respect des itinéraires techniques telle que les écartements entre les pieds d'anacardiens dans les plantations, le manque d'eau à proximité qui impact sur la performance des abeilles car, elles sont obligées de parcourir plus kilomètres pour se ressourcer en l'eau.

Pour comprendre l'influence de l'abeille sur la pollinisation des anacardiens, on peut se référer aux travaux de (Fougeroux et al., 2017) sur le rendement en tournesol. Ces auteurs ont observé un gradient négatif d'activité des abeilles domestiques en fonction de l'éloignement au front de colonies. Ceci s'accompagne d'une diminution du rendement et de la teneur en huile des graines chez le tournesol. L'étude révèle également que la pollinisation entomophile était responsable d'un gain de rendement de 42 % en quintaux/ha, de 6,3% d'huile et de 52 % de graines m<sup>-2</sup>. Une autre étude de (Klein et al., 2011) portant sur *l'importance des pollinisateurs dans les paysages changeants*, atteste que la production est de qualité lorsqu'elle est polonisée par les animaux. Cette même étude a démontré un degré de dépendance de la production en cinq classes :

- une réduction de la production de 90% ou plus sans visiteurs de fleurs, ce qui signifie que la production nécessite une pollinisation animale ;
- une réduction de 40 à moins de 90% ;
- une modeste réduction de 10 à moins de 40% ;
- une réduction supérieure à 0 à moins de 10% ;
- Et aucune réduction.

Ces résultats sont en phase avec cette étude car il a été observé une augmentation de rendement en noix brute de cajou par hectare dans les systèmes de production apiculture /cajouculture avec un rendement de 355,49

kg.ha<sup>-1</sup> contre 265 kg.ha<sup>-1</sup> dans les plantations simples. Ces résultats sont similaires aux résultats de (Alassane et al., 2016) obtenus dans les plantation d'anacardier au Bénin. Dans ce pays grand producteur d'anacarde l'association de l'apiculture à l'anacardier procure aussi une amélioration sur le taux d'arbres productifs. Ainsi pour une superficie de 45 ha, le rendement moyen de noix de cajou sur une parcelle sans apiculture est de 382,44 kg.ha<sup>-1</sup> presque la moitié de ce qui est produit avec l'association des ruches (654,33 kg.ha<sup>-1</sup> de noix et en plus du bénéfice supplémentaire de 1028 litres de miel). (Aidoo, 2013) a aussi montré que l'introduction de l'apiculture dans les vergers d'anacardier a augmenté la production de 116,7 % au Ghana et 212,5 % au Bénin.

### ***Qualité des noix***

En ce qui concerne la qualité des noix, l'analyse des résultats montre que la région de Kolda enregistre le grainage le plus faible, avec un poids moyen de 224,25 noix.kg<sup>-1</sup>, en dessous de celui de la région de Sédhiou qui est de 219 noix.kg<sup>-1</sup>. Cela se justifie par le fait que la région de Sédhiou est plus humide, avec un sol assez fertile, plus approprié à la cajouculture. Il faut noter aussi la présence des abeilles qui a un effet sur la qualité des noix et l'apport régulier d'eau par certains producteurs en accrochant des bidons de 20 litres sur les arbres. Alors la grosseur des noix de cajou de la région de Sédhiou, fait que ses noix, sont plus recherchées dans le marché. Le travail (Delaplane et al., 2013) fait ressortir les mêmes résultats montrent que les goyaves issues des fleurs butinées par les insectes ont un poids moyen de 69g plus élevé que celles dont les fleurs non pas été butinées par les insectes qui est de 46g. Il s'y ajoute que ces valeurs du grainage sont dans la fourchette de la norme définie par la CEDAO (200 à 250 noix.kg<sup>-1</sup>) mais un peu en dessous de celle de la norme ISO 6477 comprise entre 180 et 200 noix.kg<sup>-1</sup> (Lautié et al., 2001). Le Bénin par exemple a un meilleur taux (100 à 200 noix.kg<sup>-1</sup>), (ICA, 2011) avec un KOR moyen est de 51 lbs. Pour le KOR, la région de Sédhiou, enregistre une moyenne de 51, lbs plus élevée que celle de la région de Kolda qui est de 50,49 lbs. S'agissant des types de plantations, le KOR moyen le plus important est enregistré dans les plantations ruches/cajou avec une moyenne de 51,59lbs contre une moyenne de 49,9 dans les plantations sans ruches. Cette situation est dû à la présence des abeilles, qui de par leur régularité dans le butinage des fleurs, épargne de toute attaque les noix qui arrivent en maturité sain et sauf. Ainsi, avec l'introduction de la norme ISO 6477 en 1988 pour harmoniser et fournir un schéma de contrôle de la qualité (PNQ, 2017), les noix brutes de cajou ont fait l'objet d'une norme conjointe entre les Etats membres de CEE et ceux de l'ONU qui fixe les normes de conditions minimales qu'une noix doit remplir pour être vendue sur le marché international. Selon ladite norme, un bon KOR doit être supérieur à 50 lbs. Les

résultats obtenus globalement sur le KOR dans le cadre de cette étude sont supérieurs à ceux obtenus au Bénin, en Côte d'Ivoire et au Nigéria. En effet, (Pal, 2016) montre que le KOR moyen du Bénin, de la Côte d'Ivoire et du Nigéria est respectivement de 47,8 lbs, 47,6 lbs et 45,3 lbs. La Guinée Bissau, l'Inde et le Vietnam ont les meilleurs KOR qui sont respectivement de 52,5 lbs, 52,3 lbs et 52,3 lbs. Le KOR un indicateur très important dans le commerce international des noix brutes. Il conditionne ainsi le prix du marché mondial. Le bon KOR des noix brutes, dans les plantations avec ruches, justifie le fait que les abeilles contribuent à la productivité et à l'amélioration de la qualité des noix dans les régions de Kolda et Sédhiou au Sénégal.

### ***Revenus des producteurs***

Eradasappa et Mohana, (2016) estiment qu'en déployant deux colonies d'abeilles dans un hectare de verger de noix de cajou, un agriculteur gagnerait un revenu moyen de 575 \$ US , soit environ 314 650 FCFA. Ces résultats sont en phase avec ceux de la présente étude car dans les plantations apicoles, les recettes de noix d'anacardières cumulées à celles des gâteaux de miel donnent des revenus importants. Ainsi, pour trois années de productions, les revenus cumulés des plantations apicoles sont plus importants dans les systèmes intégrés que dans les systèmes simples. Il est noté un surplus économique de sept cent cinquante-six mille (756 000 FCFA) à Kolda et un million deux cent soixante un mille deux cinquante (1 261250 F CFA) à Sédhiou

### **Conclusion**

Les insectes pollinisateurs fournissent un service essentiel à l'agriculture. Ils contribuent à la production des plantes cultivées notamment l'anacardier. Dans le cadre de cette étude, l'apiculture dans les plantations de cajou s'est avérée être une source de revenu additionnel pour les producteurs en Casamance. Elle permet une meilleure amélioration de la productivité et de la qualité des noix d'anacardières. Cela illustre le niveau de dépendance des anacardières à la pollinisation entomophile (abeilles). Le suivi des plantations d'anacardières avec ruches met en évidence une diversité de productions (noix de cajou et gâteaux de miel). Les anacardières fournissent aux abeilles des ressources alimentaires (nectar et pollen). Par conséquent la mise en place de plantations d'anacardières intégrant une activité apicole s'impose aux producteurs pour rendre plus compétitif la filière. Ainsi, il serait nécessaire d'affiner la connaissance sur les mécanismes d'action des abeilles sur les anacardières, leur rôle sur la lutte contre les ravageurs et le modèle optimal de ce système intégré (cajou culture/apiculture).

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

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

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

### References:

1. ACA. (2016). A decade of transformation. Global world cashew festival et expo. Conférence paper : Bissau, Guinea-Bissau, (p. September 19-22,2016. 25p).
2. ACi, I. C. A. (2016). Apprécier la qualité des Noix de cAjou Brutes (p. 25).
3. Aidoo, K. (2013). Apiculture et noix de cajou Économie (p. 34).
4. Akadie, B. D., Hugues A. N., Kouablan E. K., Achille N. A. & Severin A. (2014). Diversité morphologique des accessions d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) introduits en côte d'ivoire. Rev. Ivoir. Sci. Technol. European Scientific Journal, 15, 33.
5. Alassane, A. A.-A., Moussa, I., & Hennou, L. (2016). Effets des systèmes d'association de l'apiculture aux techniques culturales sur le rendement des plantations d'anacardier (*Anacardium occidentale*) dans la commune de Parakou (Bénin) (p. 51)
6. ANACIM. (2023). BULLETIN AGROMÉTÉOROLOGIQUE DÉCADAIRE (p. 4).
7. ANSD, A. nationale de la statistique et de la démographie. (2015). SITUATION ECONOMIQUE ET SOCIALE REGIONALE 2012. 12.
8. ANSD, A. nationale de la statistique et de la démographie. (2020). Situation Economique et Sociale du Sénégal Ed. 413.
9. Chabi Sika, K., Adoukonou-Sagbadja, H., L.E, A., I, A., Adigoun, F., Aliou, S., Ahanchede, A., Kotchoni, S., & Baba-Moussa, L. (2015). Morphological characterization and agronomic performances of cashew (*Anacardium occidentale* L.) accessions from Benin. Journal of Agricultural and Crop Research, 3, 27-40.
10. Dasmohapatra, R., Rath, S., Pradhan, B., & Rout, G. (2014). Molecular and agromorphological assessment of cashew (*Anacardium occidentale* L.) genotypes of India. Journal of Applied Horticulture, 16, 215-221.
11. Delaplane, K., Van der Steen, J., & Guzman, E. (2013). Standard methods for estimating strength parameters of *Apis mellifera* colonies. Journal of Apicultural Research, 52.
12. Eradasappa, E., & Mohana, G. S. (2016). Role of pollination in improving productivity of cashew – A review. Agricultural Reviews, 37(1).

13. Fougeroux, A., Leylaverigne, S., Guillemard, V., Geist, O., Gary, P., Cenier, C., Caumes-Sudre, E., Senechal, C., & Vaissière, B. (2017). Effet de l'activité des insectes pollinisateurs sur la pollinisation et le rendement du tournesol de consommation. *OCL*, 24(6), Article 6.
14. Hien, S. (2019). Aperçu de l'évolution de la production d'anacarde et évolution du marché de noix brutes de cajou dans la sous-région et perspectives pour 2019/2020. N°Kalô. Papier de conférence (p. Forum sur le cajou sahélien du 5 au 7 août 2019. 16 p).
15. ICA. (2011). Rapport annuel 2011 de l'ICA | International Council on Archives (p. 72).
16. IPBGR, Wheelans, S. K., & Williams, J. T. (1986). In vitro conservation of crop germplasm and the IBPGR databases. *Euphytica*, 45(1), 9-22.
17. Jocelyn, P. M. (2016). Diagnostic technico-financier de la filière d'anacarde (*Anacardium occidentale* L.), cas de Trichet, troisième section communale de Saint-Jean du Sudd'Haït (p. 82).
18. Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2011). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313.
19. Lautié, E., Dornier, M., M. de Souza Filho, & Reynes, M. (2001). Les produits de l'anacardier : Caractéristiques, voies de valorisation et marchés. *Fruits*, 56(4), 235-248.
20. Manzelli, M., Fiorillo, E., Bacci, M., & Tarchiani, V. (2015). Lowland rice production in southern Senegal (Middle Casamance): Challenges and prospects for sustaining their restoration and development. *Cahiers Agricultures*, 24, 301-312.
21. Ndiaye, (2019). Caractérisation morphologique et phénotypique des pieds d'anacardiens (*Anacardium occidentale* L.) dans le département de Goudomp (Sénégal). 31.
22. Ndiaye, S., Charahabil, M., & Diatta, M. (2020). Evaluation De La Qualité Des Noix Brutes D'anacarde En Casamance (Sénégal). *European Scientific Journal ESJ*, 16.
23. PADEC. (2015). PROGRAMME D'APPUI AU DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE DE LA CASAMANCE (PADEC) DESCRIPTION DU PROJET - PDF Téléchargement Gratuit (p. 31).
24. PAEFK. (2004, 2005). PAEFKS - Projet d'appui à l'entrepreneuriat forestier de Kolda | Ministère de l'Environnement et du Développement Durable.
25. Pal, S. (2016). Transformation compétitive du cajou en Afrique – Innovations. 19.

26. Planetoscope. (2019). Planetoscope—Statistiques : Production de noix de cajou dans le monde.
27. PNQ, P. nationale qualité. (2017). Politique nationale qualité (p. 71).
28. Samal, S., Lenka, P. C., & Rout, G. R. (2003). Analysis of genetic relationship between populations of cashew (*Anacardium occidentale*) by using morphological characterisation and RAPD markers. *Plant, Soil and Environment - UZPI (Czech Republic)*, 176-182.
29. Tchéhouéya. (2012). Analyse de la rentabilité de la filière anacarde dans le département des collines ; cas de la commune de Savalou (p. 70).



## Towards Broadcasting Linear Content Over 5G Network

*Olimpjon Shurdi*

*Algenti Lala*

As. Prof. at Polytechnic University of Tirana, Albania

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p246](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p246)

Submitted: 19 June 2023  
Accepted: 30 August 2023  
Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)  
Under Creative Commons CC-BY 4.0  
OPEN ACCESS

*Cite As:*

Shurdi O. & Lala A. (2023). *Towards Broadcasting Linear Content Over 5G Network*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 246.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p246>

### Abstract

Today's society heavily relies on linear television systems featuring planned programs, which serve as a vital means of communication. The evolution of broadcasting linear content is notably driven by advancements in end users' devices. This transition has expanded it from a limited range of linear radio and TV channels to a comprehensive and distinctive array. This selection is accessible across diverse distribution network types. Among these networks, the prominence of the 5G network stands out as a notable platform for media and transmissions. Transmitting linear content over 5G networks involves efficiently delivering scheduled, real-time content to a large number of users simultaneously. This content encompasses live TV broadcasts, radio programs, and streaming events. While 5G networks offer significant advantages in capacity, speed, and latency, it's essential to consider specific factors when it comes to broadcasting linear content. Traditionally, cellular networks, designed for continuous service, have predominantly followed a unicast bidirectional communication paradigm for numerous years, providing a range of services to customers. This paper employs a research methodology to examine the future 3rd Generation Partnership Project (3GPP) 5G Multicast and Broadcast Services (MBS) standards, along with their constraints. Our approach includes a comprehensive literature review, technical specification analysis, and comparison of different broadcasting technologies within the 5G framework. By employing this research methodology, we gain a holistic understanding of the evolving landscape of broadcasting linear content over 5G networks. This contributes to the body of knowledge in this field and

informs future advancements in broadcast technologies within the 5G ecosystem.

---

**Keywords:** Linear broadcasting, 5G, 3GPP, MBS, multicast, broadcast

## **Introduction**

The rapid evolution of mobile communication technologies has paved the way for transformative advancements in content delivery and multimedia services. The introduction of 5G, the fifth generation of wireless technology, has brought forth new opportunities and capabilities for efficient and scalable distribution of multimedia content to a large audience. One of the key features of 5G that holds immense potential in this regard is Multicast Broadcast (MBB) services. In traditional unicast streaming, content is delivered individually to each user, resulting in duplicated transmission and increased network congestion as the number of users grows. However, with MBB, content is transmitted once and simultaneously received by multiple users within a designated broadcast area. This multicast transmission approach allows for more efficient use of network resources and enables the delivery of high-quality multimedia content to a large audience, all while maintaining low latency and optimal spectral efficiency. MBB services in 5G go beyond the capabilities of previous generations by leveraging the enhanced bandwidth, lower latency, and higher capacity offered by 5G networks. This opens up new possibilities for delivering a wide range of content, including live events, sports matches, breaking news, concerts, and other multimedia experiences that benefit from broad dissemination. The architectural components of MBB in 5G include the broadcast/multicast server responsible for generating and distributing the content, the multicast/broadcast area representing the geographical coverage for simultaneous content reception, and the multicast/broadcast gateway that facilitates the delivery of content from the core network to the access network. These components work in synergy to ensure efficient and reliable distribution of broadcast content. While MBB brings numerous benefits, it also presents challenges and considerations. Spectrum allocation and management, quality of service (QoS) and quality of experience (QoE) assurance, security, and content protection, as well as seamless integration with existing broadcasting technologies, are among the key areas of focus. Additionally, the emergence of edge computing, virtual reality (VR), Internet of Things (IoT), and artificial intelligence (AI) further presents opportunities for synergies with MBB, enabling personalized content recommendations, immersive experiences, and seamless integration with diverse applications and services. Looking beyond 5G, the evolution of MBB services continues to be a subject of research and standardization efforts. Next-generation broadcast technologies, hybrid models combining unicast and

multicast transmission, content personalization, user interactivity, energy efficiency, and green broadcasting are some of the areas that researchers and industry stakeholders are exploring to further enhance the capabilities and effectiveness of MBB services.

In this paper, we employ three main methods that combine several approaches to comprehensively analyze the evolving landscape of broadcasting linear content over 5G networks. These methodologies are structured to ensure a thorough understanding of the subject matter.

- A. Literature Review: This involves a thorough exploration and analysis of existing literature, research papers, articles, and relevant sources that discuss the topic of broadcasting linear content over 5G networks. The literature review helped to provide context, identify key concepts, and highlight existing research gaps and findings in this area.
- B. Technical Specification Analysis: This method involves a detailed examination of technical specifications related to the 3GPP 5G MBS standards. We have delved into the technical documentation and standards set by 3GPP to understand the intricacies of the multicast and broadcast services within the 5G framework. This analysis helps in uncovering the specific functionalities, limitations, and potentials of these services.
- C. Comparison of Broadcasting Technologies: This method involves comparing and contrasting various broadcasting technologies that operate within the 5G ecosystem. We have evaluated the strengths, weaknesses, advantages, and challenges posed by different broadcasting approaches within the context of 5G networks. This comparison shed light on the suitability of each technology for efficiently delivering linear content to a wide audience.

By combining these three methods—literature review, technical specification analysis, and technology comparison—the study aims to provide a comprehensive understanding of the potential, constraints, and implications of broadcasting linear content over 5G networks. This approach helps us to contribute valuable insights to the existing body of knowledge and aids in informing future advancements in broadcasting technologies within the 5G landscape.

The rest of the paper is structured as follows: Section 1 provides a brief description of existing digital broadcast technologies. Section 2 then introduces the details of 5G broadcast architecture and services. We also highlight some of the limitations of the existing architecture of the 5GS concerning support for MBS. Sections 3,4,5 provide 5G broadcast projects for several countries. Some recommendations in enhancement of the spreading of the 5G broadcast are given at the end.

## 1. **Digital Broadcast technologies**

Digital broadcasting refers to the transmission of audio, video, and data content in a digital format. It involves the conversion of analog signals into digital form, which allows for more efficient and reliable transmission and reception of content. Digital broadcasting offers several advantages over analog broadcasting, including improved audio and video quality, enhanced transmission efficiency, and the ability to transmit more channels within the same frequency spectrum.

There are various standards and technologies used for digital broadcasting around the world.

**Digital Terrestrial Television (DTT):** DTT is the digital transmission of television signals over terrestrial networks. It typically uses the MPEG-2 or MPEG-4 compression standard and provides higher-quality video and audio compared to analog TV. DTT systems include DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial), ATSC (Advanced Television Systems Committee), ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial), and others.

**Internet Protocol Television (IPTV):** IPTV is a digital broadcasting method that delivers television content over IP networks, such as the Internet or private networks. IPTV allows users to stream live TV channels, on-demand content, and interactive services on various devices, including smart TVs, computers, and set-top boxes.

**Direct-to-Home (DTH) Broadcasting:** DTH broadcasting involves the transmission of digital TV signals directly to home satellite dishes. Users receive the signals using satellite receivers and can access a wide range of TV channels and services.

**Streaming Services:** While not strictly broadcasting in the traditional sense, streaming services like Netflix, Amazon Prime Video, and Hulu utilize digital technologies to deliver on-demand video content over the internet. These services rely on adaptive streaming techniques to dynamically adjust the video quality based on the viewer's internet connection and device capabilities.

One of the prominent broadcast technologies is the use of multicast transmission over the mobile network. Multicast is a variation of broadcasting that involves the simultaneous delivery of content to multiple recipients who have expressed their interest in receiving it. The advantage of multicast is its efficiency in terms of bandwidth utilization. Instead of sending separate streams to each recipient, multicast allows for the replication of the data only at network junctions or routers when there is a branch point where multiple recipients are connected.

5G broadcast, also known as 5G multicast or 5G eMBMS (evolved Multimedia Broadcast Multicast Service), is a feature of the 5th generation (5G) mobile network that enables the efficient delivery of multimedia content

to multiple users simultaneously. It allows for the broadcasting of popular or high-demand content, such as live video streams, or other data, to a large number of users in a specific area or across the network.

In the next section, we will give a short overview of the 5G architecture and the main elements of functionality.

## 2. Architecture of 5G Multicast Broadcast Services

The 3GPP technical specification TS 23.247 provides detailed information on the support for MBS within the 5G architecture. The specification outlines the key components and functions introduced in the 5G architecture to enable multicast broadcast services. The specification provides an overview of the major components in the 5GS architecture, including the new functions specifically designed to support MBS (Fig. 1) (3GPP TS 23.247, 2021). The network architecture of the 5G system has been improved to facilitate multicast and broadcast services. The objective of this design is to maximize the utilization of existing 5G system components whenever possible. Multicast involves delivering identical services and specific content simultaneously to a designated group of authorized UEs within the service coverage area. On the other hand, broadcast entails delivering the same service and content to all UEs within the service area. The choice between multicast and broadcast depends on the nature of the specific service being provided. The 5G MBS architecture is designed to efficiently deliver multicast content to a large number of users simultaneously. It comprises several key components that work together to facilitate the distribution of multimedia content over the 5G network.

The 5G MBS architecture operates as follows: The broadcast/multicast server generates the multicast content and sends it to the MBG. The MBG converts the content into the appropriate format for the access network and allocates the necessary network resources. The access network delivers the multicast content to the user devices within the multicast group. User devices receive and decode the content stream for playback.

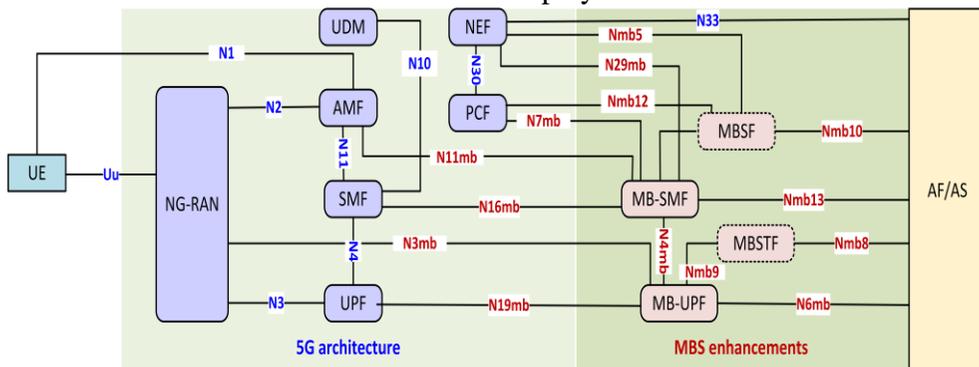


Fig.1 5G Broadcast Architecture

*Content Provider:* The content provider is the entity responsible for generating or acquiring the multimedia content that will be distributed through the 5G multicast broadcast service.

*Broadcast/Multicast Server:* The broadcast server is responsible for preparing and transmitting the multicast/broadcast content over the 5G network. It receives the content from the content provider and packages it into multicast streams. The server manages the scheduling and distribution of the content to the appropriate multicast groups.

*5G Core Network:* The 5G core network provides the underlying infrastructure and functionality to support 5G multicast broadcast services. It includes several key components:

- a) **Multicast Broadcast Center (MBC):** The MBC is responsible for managing and controlling the multicast and broadcast services. It handles the registration of users, the creation and management of multicast groups, and coordination with the broadcast server for content delivery.
- b) **Multicast Distribution System (MDS):** The MDS is responsible for distributing the multicast streams from the broadcast server to the appropriate 5G base stations.
- c) **Service Gateway (SGW):** The SGW acts as an interface between the 5G core network and the radio access network (RAN). It handles the routing of multicast traffic to the appropriate base stations.

*Radio Access Network (RAN):* The RAN is the part of the network that interfaces with user devices and provides wireless connectivity. In the context of 5G multicast broadcast services (3GPP TS 38.211, 2021), (3GPP TR 23.757, 2021), the RAN includes the following components:

- a) **5G Base Stations (gNBs):** The gNBs receive the multicast streams from the MDS and transmit them wirelessly to the user devices within their coverage areas.
- b) **Multicast/Broadcast Single Frequency Network (MBSFN):** MBSFN is a specific feature in the RAN that enables the simultaneous transmission of multicast content on the same frequency resources to multiple base stations. Instead of sending the same data separately from each cell tower, which can lead to inefficiencies and interference, 5G MBSFN enables all the nearby base stations to transmit the same data in sync. This results in better coverage, reduced interference, and improved spectral efficiency for broadcasting or multicasting content (ETSI TS 103 720, 2020). It helps to improve efficiency and reduces interference for multicast transmission.

*User Devices:* User devices, such as smartphones, tablets, or other 5G-enabled devices, receive the multicast/broadcast content from the base stations. The devices need to support the 5G multicast broadcast capabilities to receive and decode the multicast streams.

The architecture of 5G multicast broadcast services involves coordination between content providers, broadcast servers, the 5G core network, the RAN, and user devices to ensure efficient content delivery to multiple users simultaneously. While the architecture of 5G Multicast Broadcast Services offers many advantages, it also has some drawbacks and challenges: -content of synchronizations; scalability and coverage; quality of service variations, and resource wastage for non-interested users.

### 3. Multicast broadcast in Europe

Multicast broadcast services in Europe have gained significant attention and have been widely deployed by various broadcasters and network operators. The implementation and adoption of multicast broadcast in Europe have been driven by the need to efficiently deliver multimedia content, optimize network resources, and provide a seamless user experience.

**Digital Video Broadcasting (DVB):** Europe has widely adopted the Digital Video Broadcasting (DVB) standards, which include DVB-T (terrestrial), DVB-S (satellite), and DVB-C (cable) for television broadcast. These standards enable efficient multicast transmission of digital TV signals to a large number of viewers simultaneously. DVB-T2 has been introduced in several European countries, providing enhanced spectrum efficiency and higher-quality video delivery.

**Hybrid Broadcast Broadband TV (HbbTV):** HbbTV is an industry-standard that combines traditional broadcast TV with broadband internet connectivity, enabling interactive services and personalized content delivery. HbbTV utilizes multicast for efficient delivery of broadcast content while offering additional interactive features through unicast broadband connections. It has gained popularity across Europe, with many broadcasters providing HbbTV services to enhance the viewer experience. Some of the key features of HbbTV are Hybrid Broadcast, Broadband TV, Interactive Services, Red Button Functionality and Standardization (EBU TR 044, 2022). HbbTV has transformed the way viewers interact with television content, offering a seamless blend of traditional broadcast, and online interactivity. It provides broadcasters with new opportunities for content delivery and monetization while offering viewers a richer and more engaging television experience.

**4G LTE Broadcast (eMBMS):** Europe has been at the forefront of deploying and testing 4G LTE Broadcast, also known as evolved Multimedia Broadcast Multicast Service (eMBMS). Various European operators have conducted trials and commercial deployments of eMBMS technology. For

example, Vodafone in Germany conducted trials of eMBMS for live TV streaming and multicast software updates. EE (now part of BT Group) in the UK also conducted trials and commercial deployments of eMBMS for live sports events and multimedia content delivery.

The project "Integration of Broadcast and Broadband in LTE/5G" (IMB5), funded by the Bavarian Research Foundation, focused on exploring the eMBMS LTE-broadcast mode and its potential improvements within two specific Single Frequency Network (SFN) field trial networks located in Erlangen and Munich, Germany( Heyn et al., 2016). The network diagram is shown in Fig.2. The project aimed to enhance the existing broadcasting feature for 4G/5G networks. For the User Equipment (UE) side of the trials, terminals provided by Qualcomm and Samsung were utilized. These terminals were based on commercial chipsets and were mainly used for conducting application layer tests. The purpose was to evaluate the performance and functionality of eMBMS LTE-broadcast using these industry-standard devices.

By conducting detailed field trials in the SFN networks and utilizing commercial chipsets in the UE terminals, the IMB5 project aimed to gain insights into the integration of broadcast and broadband technologies in LTE/5G networks, identify areas for improvement, and assess the feasibility of implementing eMBMS LTE-broadcast in practical deployment scenarios.

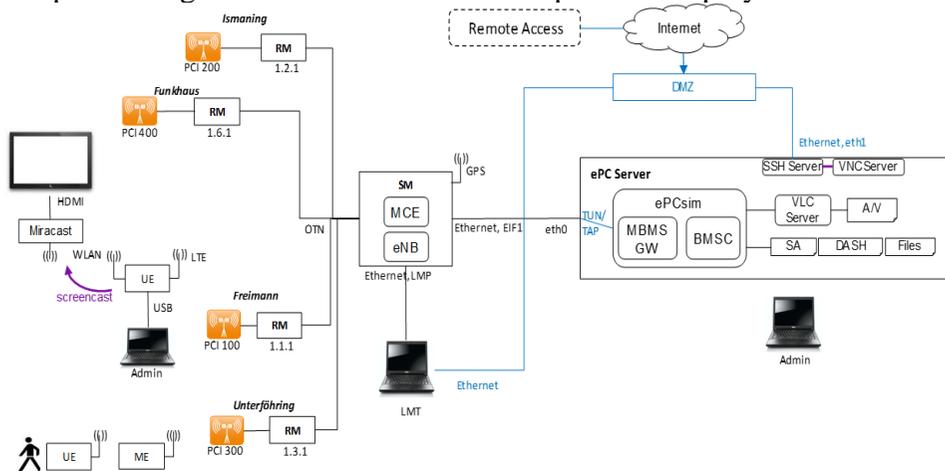


Fig. 1 IMB5 block diagram

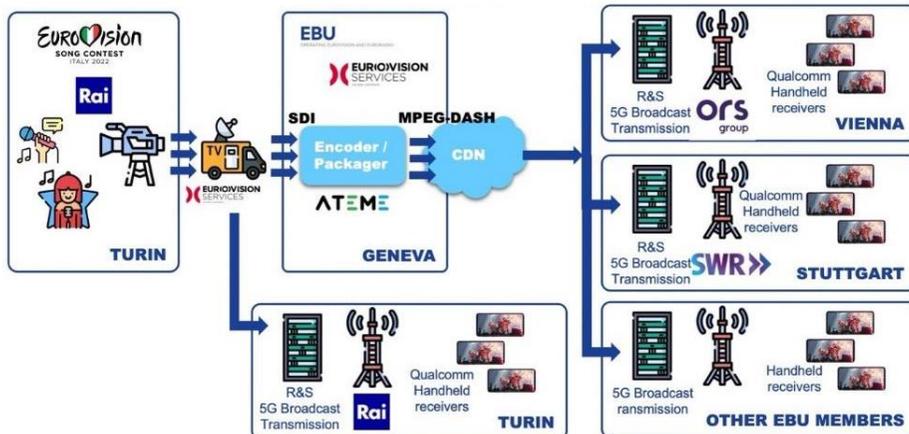
#### 4. 5G Broadcast test projects

With the rollout of 5G networks, there is growing interest in leveraging multicast broadcast services for efficient content delivery. Several European countries and operators are actively exploring and researching 5G broadcast technology. Germany has been leading the way, with the Bavarian Research Foundation funding the 5G TODAY project, which aims to test and

demonstrate the feasibility of 5G broadcast for delivering live TV content in the Munich region.

Several test projects have been launched in recent years, where they are the most prominent (Mi et al., 2020):

- A.** Cellnex, RTVE, Rohde & Schwarz, and Spinner team up to bring a new live mobile experience to smartphones, tablets, and a range of SIM-free devices throughout central Barcelona. The on-air signal will be transmitted on channel 56 with a 5MHz (750-755 MHz) bandwidth from the Cellnex Tower facilities in Collserola. Spinner, a global provider of filters for broadcast and mobile infrastructures, is participating in the proof of concept by providing a 5G Broadcast-based 5MHz filter for the transmitter. The content transmitted through the Broadcast/Multicast trial over 5G includes both live and delayed 4K transmissions. Live content includes the Radio 5 signal and Canal 24H.4K content is a promotional video that shows the high-quality image of the service. For network operators and content providers this experience will go to show that a whole new range of business models is now possible to deliver content or data to a large number of consumers without affecting the 5G mobile network.
- B.** The use of 5G Broadcast during the Eurovision Song Contest 2022 event showcased the potential of this technology for media distribution and audience engagement. By transmitting the signal live and in high quality from multiple sites in different European cities, it demonstrated the ability to reach a wide audience simultaneously. At the time, only a select group of users with 5G Broadcast-enabled smartphones in Paris, Stuttgart, Turin, and Vienna were able to receive these transmissions. Figure 1 illustrates the block diagram of the system used in this test, showcasing the relationship between various components. The video representation function is responsible for generating the video segments that are requested later by the eMBMS and the DASH servers. The functionality resembling eMBMS is implemented on a 5G NR radio interface. Additionally, for unicast communication, a direct connection is established between each user and the 5G base station (gNB) as required.



**Fig.2** Diagram of the setup for the trials involving the 4 sites (Säily et al., 2020)

- C. 5G-Xcast was a 5G-PPP Phase 2 project focused on developing point-to-multipoint (PTM) communication capabilities for 5G, primarily targeting the technical requirements of the Media & Entertainment (M&E) vertical. 5G-Xcast defined and assessed a conceptually novel and forward-looking 5G network architecture for large-scale immersive media delivery. The project focused on a holistic implementation of multicast and broadcast functionalities; a critical technology element in 5G systems and as a complement to unicast. 5G-Xcast harmonized media delivery among fixed, mobile, and terrestrial broadcast types of networks to provide an optimized and seamless media user experience.
- D. In the UK, project "5G RuralFirst". Both technologies were used, Rel-12 eMBMS and LTE unicast and Rel-14/15 FeMBMS (Saily et al., 2020). The 5G Broadcast Radio trial comprised two parts; a public trial based on commercially available 4G equipment and the in-house development of a standalone '5G broadcast' modem that implements the latest mobile broadcast features that weren't available in commercial handsets.
- E. Another project was the '5G eMBMS Demo' in Finland (Yle et al., 2018). The main goal promoting broadcast-like services in the 5G network. Participants from media, press, ministerial, telco, EBU, etc. Multiple mobile devices receive broadcast-quality DASH streams via a 5G network in the 2.9 GHz band.

Many other projects tested in other European countries showed a coexistence with other broadcast transmission systems. Thus, in Spain, Italy, and Estonia regardless of the different types of equipment of the LTE and 5G systems. The broadcast had quite good results from the point of view of quality

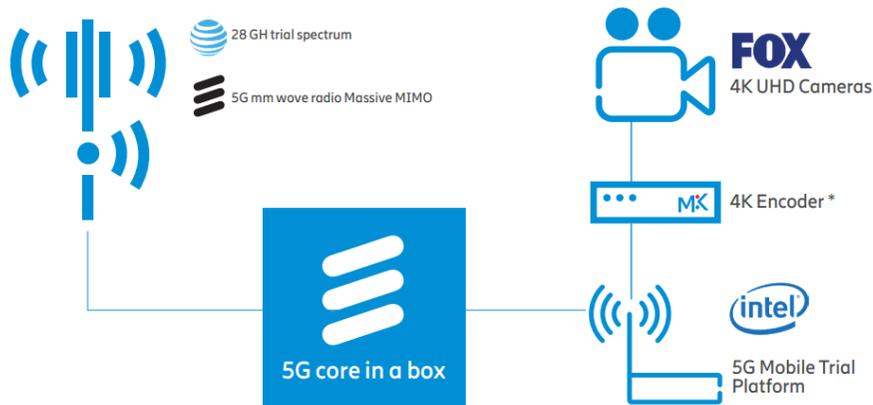
and coverage. To integrate the previous version of 5G need to develop a flexible, dynamic, and seamless switching between unicast and multicast or broadcast transmissions and the multiplexing of traffic under the same radio structures as the Garro et al. (2020) proposed. In some places with flat relief can be 5G-Xcast RAN where the new Radio Access Technology (RAT) supports dynamic adjustment of the Multicast/Broadcast geographical area based on e.g., the user distribution or service requirements (Jiménez-Soria et al., 2021).

On the application layer, it was shown that using LTE eMBMS, a flexible service mix of unicast MBB and broadcast linear TV could be delivered. For country-wide deployment of eMBMS SFN networks, physical layer waveform extensions such as an increased cyclic prefix of the currently standardized LTE signals were proposed ( Mi et al., 2020).

From a system architecture perspective, a receive-only mode enables free-to-air (FTA) reception with no need for an uplink or SIM card, thus enabling the reception of content without registration of legacy user equipment with a network. Another project result was the successful demonstration of the coexistence of LTE embus with spectrally adjacent existing broadcasting technologies DTT.

## **5. 5G Broadcast in the USA and the rest of the world**

Multicast broadcast services in the USA have seen notable deployments and trials, primarily in the domain of mobile video delivery and public safety communications. One of the 5G broadcast demo examples was the U. S. Open Championship in June 2018, to used mmWave 5G cellular technology to stream 4K video for potential broadcast nationwide. AT&T provided the required spectrum to optimize the 5G performance; Ericsson provided the 5G network equipment, including radios, baseband, simulated network core, and 4K video encoder and decoder; Intel supplied the Intel® Mobile Trial Platform, working as the 5G modem or “phone. The network built for this test Fig-4 is Composition by: Compress video-convert raw UHD live broadcast camera quality video. Efficiently prepare and route the video to the 5G radio network, proving that 5G can effectively manage large volumes of data uploaded from multiple cameras. A key requirement of the trial was to upload large volumes at high speeds with extraordinarily little packet loss or degradation of quality from the transmission point to the production compound. Convert compressed data into broadcast-quality video at the on-site production compound and decode the UHD live video with no detectible loss in quality.



**Fig.4** 5G Broadcast Trial in U.S Open

South Korea has conducted several trials and pilots to explore the potential of 5G broadcasts. In 2018, the Korean Broadcasting System (KBS) and major telecom operators like SK Telecom, KT, and LG Uplus collaborated on a 5G broadcast trial during the PyeongChang Winter Olympics. This trial demonstrated the efficient delivery of live UHD (Ultra High Definition) content to multiple devices using 5G broadcast technology.

**Ecosystem and Partnerships:** South Korea's 5G broadcast initiatives involve collaboration between broadcasters, telecom operators, equipment manufacturers, and other industry stakeholders. Partnerships between broadcasters (such as KBS, SBS, MBC) and telecom operators (SK Telecom, KT, LG Uplus) have been established to evaluate and develop 5G broadcast services. Equipment manufacturers and technology providers contribute their expertise in developing 5G broadcast solutions.

China Telecom's "Hello 5G" project, launched in 2018, aimed to build a comprehensive 5G ecosystem that fosters innovation and enables the implementation of advanced applications. This ecosystem encompasses various domains, including artificial intelligence, drones, autonomous driving, precise positioning, and virtual reality (VR) in stadiums.

In April 2018, a significant milestone was achieved when the first flight of 5G drones was successfully demonstrated in Shenzhen. This demonstration highlighted the real-time transmission of 360-degree panoramic 4K HD video over a 5G network. This achievement highlighted the low latency and high bandwidth capabilities of 5G, which are crucial for applications such as drone operations.

Furthermore, in 2019, China Telecom conducted a real-time 4K live broadcast of the Spring Festival Evening in Shenzhen using 5G networks. Additionally, in Beijing, a VR-converged multimedia live broadcast was

conducted over 5G, demonstrating the potential of 5G in enhancing multimedia experiences.

## 6. The future of 5G broadcast

The future of 5G broadcast holds exciting potential for delivering high-quality multimedia content, improving efficiency, and enabling new use cases. There are still some key aspects that could shape the future of 5G broadcast:

**Enhanced Mobile Multimedia:** 5G broadcast can significantly enhance mobile multimedia experiences by enabling high-quality video streaming, immersive virtual reality (VR), augmented reality (AR), and gaming services. With its higher capacity and lower latency, 5G can support the seamless delivery of immersive and bandwidth-intensive content to a large number of users simultaneously.

**Efficient Content Delivery:** 5G broadcast can optimize content delivery by enabling one-to-many transmissions. Instead of unicasting the same content to multiple users, 5G broadcast allows for efficient distribution to multiple devices simultaneously, reducing network congestion and conserving resources.

**Cost and Spectrum Efficiency:** Broadcasting content over 5G networks can offer cost and spectrum efficiency benefits. By leveraging broadcast technologies, operators can deliver popular content, such as live sports events or breaking news, to a wide audience without requiring individual unicasts. This can reduce network traffic and the associated costs while utilizing the available spectrum more efficiently.

**Public Warning Systems:** 5G broadcasts can play a crucial role in public warning systems. It enables the simultaneous distribution of emergency alerts, disaster notifications, and safety-related information to a large number of users within a specific area. This can improve the effectiveness and timeliness of critical communications during emergencies.

**Internet of Things (IoT) Applications:** 5G broadcast can support IoT applications that require efficient and scalable content distribution. For example, in smart cities, 5G broadcasts can be utilized to disseminate information to a large number of connected devices, such as traffic signals, streetlights, and sensors, enabling synchronized updates and real-time data sharing.

**Content Delivery to Vehicles:** 5G broadcast can enhance in-car entertainment and information services by enabling the delivery of live content, including high-definition video, music, and real-time updates, directly to vehicles. This can provide a seamless and personalized entertainment experience for passengers, reducing the reliance on individual data connections.

The future of 5G broadcast will depend on the industry's adoption and standardization efforts. As technology evolves and market demands shape the landscape, further advancements, and refinements in 5G broadcast capabilities are expected, unlocking new possibilities for content delivery, user experiences, and innovative applications.

### **Conclusion and recommendations**

This paper first gives a brief overview of 5G broadcast. It has the potential to revolutionize content delivery and enhance user experiences in several ways. 5G broadcast will depend on numerous factors, including industry collaboration, standardization efforts, regulatory considerations, and the market demand for such services. While the potential benefits are promising, the actual deployment and utilization of 5G broadcasts may vary across regions and operators. Several pilot projects around the world have demonstrated that 5G broadcast offers the possibility to radically transform broadcast transmission.

MBS is on an interesting journey of technical progress, standardization, and market deployments within the 5G ecosystem. The Future releases of 5G are expected to bring advancements in the areas mentioned, enabling new capabilities, and enhancing the overall MBS experience. This review also highlights the possibility of integration of existing digital broadcast technologies with 5G Broadcast. However, some recommendations derived from the literature and research papers (Jokela et al., 2020; Ahn et al., 2023; Silhavy et al., 2023; González et al., 2023), and the study of running projects and technical data can be noted:

- Broadcasters, content providers, and network operators should collaborate to explore and develop innovative 5G broadcasting solutions. Joint efforts can lead to the creation of compelling and immersive content experiences.
- Continued investment in 5G infrastructure is crucial to support the bandwidth and low latency requirements of broadcasting. Governments, regulators, and industry stakeholders should prioritize the development of robust 5G networks to ensure reliable and high-quality broadcasting services.
- Standardization bodies and industry organizations should work together to establish common standards for 5G broadcasting. This will enable interoperability, seamless content delivery, and consistent user experience across different networks and devices.
- Conducting research and experimentation with 5G broadcasting technologies is essential for exploring its full potential. Industry

players should invest in research initiatives, pilot projects, and trials to uncover new use cases and best practices.

- As with any technology, ensuring user privacy and security is crucial. Industry stakeholders should prioritize the implementation of robust security measures and privacy frameworks to protect users' data and maintain trust in 5G broadcasting services.

**Conflicts of Interests:** The authors have no conflicts of interest to declare.

**Funding:** This research was funded by the Department of Electronic and Telecommunications, Polytechnic University of Tirana.

**Acknowledgments:** We thank the Department of Electronic and Telecommunications and the administrative section of Polytechnic University of Tirana, Albania, for the financial support of this work.

**Author contributions:** Olimpjon Shurdi: Conceptualization, Methodology, Investigation, Writing-Reviewing and Editing, Alegenti Lala: Writing-original draft preparation, Investigation.

#### **References:**

1. 3GPP TS 23.247, (2021). Architectural enhancements for 5G multicast broadcast services; Stage 2 (V17.1.0), *Technical Specification*.
2. 3GPP TS 38.211, (2021). Technical specification group radio access network; NR; physical channels and modulation (Release 16), Rev. 16.4.0.
3. 3GPP TR 23.757,(2021). Study on architectural enhancements for 5G multicast-broadcast services; V17.0.0 (2021-03), *Technical Specification*.
4. Ahn, S. -K. (2023). Evaluation of ATSC 3.0 and 3GPP Rel-17 5G Broadcasting Systems for Mobile Handheld Applications, *IEEE Transactions on Broadcasting*, 69(2), 338-356, doi: 10.1109/TBC.2022.3222988.
5. EBU TR 044, (2022). Trials Tests and Projects Relating To 4G/5G Broadcast Supported by European.
6. ETSI TS 103 720, (2020). 5G Broadcast System for linear TV and radio services; LTE-based 5G terrestrial broadcast system, *Technical Specification*.
7. Garro, E. (2020). 5G Mixed Mode: NR Multicast-Broadcast Services. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 66(2), 390-403, doi: 10.1109/TBC.2020.2977538.

8. González, C. C., Pizzi, S., Murrioni M., & Araniti, G. (2023). Multicasting Over 6G Non-Terrestrial Networks: A Softwarization-Based Approach. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 18(1), 91-99, doi: 10.1109/MVT.2022.3232919.
9. Heyn, T. (2016). Integration of Broadcast and Broadband in LTE/5G (IMB5) - experimental results from the eMBMS testbeds. *European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*, 319-324, doi: 10.1109/EuCNC.2016.7561055.
10. Jiménez-Soria, D., Martín-Vega, F.J., & Aguayo-Torres, M.C. (2021). Coordinated Multicast/Unicast Transmission on 5G: A Novel Approach for Linear Broadcasting. *Wireless Pers Commun* 121, 1273–1287, <https://doi.org/10.1007/s11277-021-09057-z>.
11. Jokela, T. (2020). Multimedia Public Warning Alert Trials Using eMBMS Broadcast, Dynamic Spectrum Allocation and Connection Bonding, *IEEE Transactions on Broadcasting*, 66(2), 571-578, doi: 10.1109/TBC.2020.2989660.
12. Mi, D., Eyles, J., Jokela, T., Petersen, S., Odarchenko, R., Öztürk, E., Chau, D., Tran, D., Turnbull, R., Kokkinen, H., Altman, B., Bot, M., Ratkaj, D., Renner, O., Gomez-Barquero, D., & Gimenez, J. J. (2020). Demonstrating Immersive Media Delivery on 5G Broadcast and Multicast Testing Networks. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 66(2), 555-570, doi: 10.1109/TBC.2020.2977546.
13. Saily, M., Estevan, C., Gimenez, J., Tesema, F., Guo, W., Gomez-Barquero D., & Mi, D. (2020). 5G Radio Access Network Architecture for Terrestrial Broadcast Services. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 66(2) 404-415, doi: 10.1109/TBC.2020.2985906.
14. Silhavy, D., Kühnhammer, K., Mika, J., Stockhammer, T., & Gimenez, J. J. (2023). 5G-MAG (Media Action Group) Reference Tools: Putting 5G in Action for Media. *SMPTE Motion Imaging Journal*, 132(1), 18-24, doi: 10.5594/JMI.2022.3220794.
15. Yle, J. (2018). MTV Elisa Nokia, ENENSYS, Bittium, and Qualcomm Showcase the Future of TV, Paving the Way to 5G Broadcast. <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2018/05/16/yle-mtv-elisa-nokia-enensys-bittium-and-qualcomm-showcase-the-future-of-tv>

## **Effet de la nature du substrat sur le développement des plants de palmier à huile C1001F (*Elaeis Guineensis* Jacq.) en condition de stress hydrique**

***Gogoue Dessan Obed***

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

***N'Guessan Assiénnin Hauverset***

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

***Niamchkechi Jule Leonce***

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

***Adou Bini Christophe***

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

***Sekou Diabate***

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

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n24p262](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p262)

Submitted: 12 June 2023

Accepted: 01 August 2023

Published: 31 August 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Obed G.D., Hauverset N.A., Leonce N.J., Christophe A.B. & Diabate S. (2023). *Effet de la nature du substrat sur le développement des plants de palmier à huile C1001F (Elaeis Guineensis Jacq.) en condition de stress hydrique*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (24), 262. <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n24p262>

### **Résumé**

En période de sécheresse, les pépinières de palmier à huile subissent des pertes d'eau élevée dues à l'évapotranspiration. Lorsque ces pertes d'eau ne sont pas compensées au niveau du substrat, cela entraîne un déficit hydrique qui provoque la compaction et le durcissement de celui-ci. Ces phénomènes entraînent un ralentissement de la croissance de la plante suivi de son flétrissement et de sa mort. Pour ce faire les substrats de culture, ayant une bonne stabilité hydrique, une faible compaction, favorisant une bonne

croissance de la plante en période sèche, sont recherchés. C'est dans cette optique que cette étude a été menée. L'objectif est d'améliorer la croissance des plants de palmier à huile en pépinière pendant la période sèche par l'utilisation de substrats organiques. L'essai a été conduit en serre, au CNRA de La ME, (Cote d'Ivoire), dans un dispositif en factoriel bloc avec 3 répétitions. Le facteur substrat avec quatre modalités : S1 (100 % de terre) ; S2 (50 % de terre + 50 % de poudrette de parc) ; S3 (50 % de terre + 25 % de poudrette de parc + 25 % de fibre de palmier) et S4 (50 % de terre + 25 % de poudrette de parc + 25 % de sciure de bois) et le facteur régimes hydrique avec deux niveau d'apport (apport d'eau à 690 ml et déficit d'eau à 100 %). L'essai a duré 30 jours. Les mesures ont porté sur le nombre de feuille verte, la coloration des feuilles, la hauteur et la circonférence au collet des plants. Sous arrosage normale, la hauteur des plants des substrats S2 (58 cm) et S3 (59 cm) ; de la circonférence au collet de S2 (3,20 cm) et S3 (3,15 cm) ; et le nombre de feuille verte par plant des substrats S2 (9,92) et S3 (10,83) ont été plus élevés. Sous stress hydrique la hauteur des plants des substrats S<sub>2</sub> (47 cm) et S<sub>3</sub> (51 cm) ; la circonférence au collet des plants des substrats S<sub>2</sub> (2,20 cm) et S<sub>3</sub> (2,44 cm) et le nombre de feuilles vertes par plant des substrats S<sub>2</sub> (8,5) et S<sub>3</sub> (9,58) ont été également les plus élevés. Par ailleurs, toutes les feuilles des plants de ces deux substrats sont restées vertes foncées jusqu'au terme de l'essai contrairement à celles des plants des substrats S<sub>1</sub> et S<sub>4</sub> dont certaines sont devenues vertes claires ou jaunâtres. Les substrats S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> ont favorisé mieux la croissance des plants sous arrosage, mais aussi sous déficit hydrique.

---

**Mots-clés:** Palmier à huile, évapotranspiration, déficit hydrique, tolérance, substrat, paramètres, Côte d'Ivoire

---

## **Different Substrate Effect in Nursery on the Growth of C1001F Variety of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Condition of Water Stress in the South-east of 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

***N'Guessan Assiénin Hauverset***

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

***Niamchkechi Jule Leonce***

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

***Adou Bini Christophe***

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

***Sekou Diabate***

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

---

### **Abstract**

In times of drought, oil palm nurseries, suffer high water losses, due to evapotranspiration. When these water losses cannot be compensated, this leads to a water deficit which results in a hardening of the soil of potting soil, a slowdown in growth, followed by wilting and the death of the plant. To do this, growing substrates with good water stability, low compaction, promoting good growth of the plant in the dry period are sought. It is with this in mind that this study was conducted. The objective is to improve the growth of seedlings in oil palm nurseries during the dry period. through the use of organic substrates. The trial was conducted in a greenhouse, at the CNRA station of the ME (Côte d'Ivoire), in a block factorial device with three repetitions. The substrate factor with four modalities : S<sub>1</sub> (100% Earth), S<sub>2</sub> (50% earth + 50% park crumb), S<sub>3</sub> (50% earth + 25% park crumb + 25% palm fibre), S<sub>4</sub> (50% earth + 25% park crumb + 25% wood soot), and the water regime factor with two levels of intake (water intake at 690ml and 100% water deficit). The trial lasts 30 days. The measurements related to the emission of the number of green leaves, the coloring of the leaves, the height and the circumference of the plants. Under normal watering, the height of the plants of the substrates S<sub>2</sub> (58 cm) and S<sub>3</sub> (59 cm), the collar circumference of S<sub>2</sub> (3,20 cm) and S<sub>3</sub> (3,15 cm), and the number of green leaves emitted per

plant of substrates S<sub>2</sub> (9,92) and S<sub>3</sub> (10,83) were the highest. Under water stress, the height of the plants of the substrates S<sub>2</sub> (47 cm) and S<sub>3</sub> (51 cm), the collar circumference of the plants of the substrates S<sub>2</sub> (2,20 cm) and S<sub>3</sub> (2,44 cm) and the number of green leaves emitted per plant of substrates S<sub>2</sub> (8,5) and S<sub>3</sub> (9,58) were also the high. Furthermore, all the leaves of the plants of these two substrates remained dark green until the end of the test, unlike those of the plants of the substrates, S<sub>1</sub> et S<sub>4</sub>, some of which became light green or yellowish. The substrates S<sub>2</sub> and S<sub>3</sub> favored better the growth of plants under watering, but also under water deficit.

---

**Keywords:** Oil palm, evapotranspiration, water deficit, tolerance, substrates, parameter, Côte d'Ivoire

## Introduction

La Cote d'Ivoire est le principal exportateur de l'huile de palme en Afrique Occidentale avec 60 % des exportations. Elle fournit le marché régional en huiles brutes et raffinées ainsi qu'en produits dérivés (Cheyins et al, 2000). La filière palmier à huile génère plus de 200 000 emplois réguliers et fait vivre environ 2 millions d'habitants soit 10 % de la population ivoirienne (Anonyme 1, 2014). Elle occupe ainsi une place importante dans l'économie agricole de la Côte d'Ivoire.

Compte tenu de l'impact socioéconomique de la culture du palmier à huile dans le pays, l'Etat a fait de l'accroissement de sa production l'une de ses priorités, (Anonyme 2, 2018). La principale voie préconisée pour augmenter la production de l'huile de palme est l'extension de la zone de production par l'exploitation de zones dites marginales à sa culture, (Anonyme 2, 2018). Ces zones sont caractérisées par des sècheresses longues ou courtes mais suffisantes pour affecter le palmier à huile ainsi que son sol, sa flore et sa faune, (Maillard *et al.*, 1974 ; Rasmusson, 1987 ; N'guetta *et al.*, 1995 ; Ballo et Kouamé, 1997).

La pratique de la culture du palmier à huile dans ces zones nécessite donc la mise en place de méthodes culturales contre le déficit hydrique (N'diaye, 2000 ; Gogoue *et al.*, 2020 ; Reis De Carvalho, 1991)

En pépinière, les périodes sèches induisent une intense évapotranspiration, (Quencez, 1974). Si l'arrosage n'est pas intensif pour compenser les pertes d'eau, on assiste à un déficit hydrique provoquant le flétrissement et la mort des plants. L'utilisation des substrats organiques comme terreau favorisant une bonne stabilité hydrique et une croissance de la plante en période humide comme en période sèche est donc préconisée, (Cedra, 1997 ; Jean-Damien, 2004 ; Ognalaga, 2017 ; Tognetti *et al.*, 2008 ; Tougma, 2006 ; Jacquemard, 2011). C'est dans cette optique que cette étude a été menée.

C'est dans cette optique que cette étude a été menée. L'objectif est d'améliorer la croissance des plants de palmier à huile en pépinière en période sèche.

## **Matériel et méthodes**

### **Site de l'étude**

L'essai a été réalisé sous serre au Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de La ME, situé au Sud-Est de la Côte d'Ivoire, entre 5° 26' Latitude Nord et 3° 50' Longitude Ouest.

Des conditions de culture normales de la plante ont été mises en place pour que le déficit hydrique soit seul le facteur stressant. Un capteur d'humidité dans la serre nous a permis d'établir des conditions de température et d'humidité favorables pour la culture du palmier, (une température moyenne horaire entre 27° et 35°C et une humidité fluctuant entre 80 % la nuit et 50 % à la mi-journée).

### **Matériel végétal**

Le matériel végétal était constitué de plants de palmier à huile âgés de 6 mois (figure 1). Ces plants sont issus de la catégorie C1001F qui est obtenue par fécondation artificielle sur la station de la Me. Elle se caractérise au champ par un rendement élevé. Elle est très vulgarisée pour la création de plantation de palmier à huile parce qu'elle est tolérante à la fusariose, (Diabaté, 2009).

### **Le matériel édaphique**

Le matériel édaphique était constitué de quatre substrats différents :

**Substrat S<sub>1</sub>** constitué de 100 % de terre sans mélange, représentant le témoin (T)

**Substrat S<sub>2</sub>** constitué de 50 % de terre + 50 % de poudrette de parc (TPP).

**Substrat S<sub>3</sub>** constitué de 50 % de terre + 25 % de poudrette de parc + 25 % de fibre de palmier (TPPPF)

**Substrat S<sub>4</sub>** constitué de 50 % de terre + 25 % de poudrette de parc + 25 % de sciure de bois (TPPSB)

Ces différents substrats ont été traités à l'eau de javel à la dose de 1 ml par litre d'eau à l'aide d'un arrosoir car les substrats contiennent des microorganismes à l'état pur (Jean-Damien, 2004). Ce qui peut nuire au développement des plants de palmier si leur nombre n'est pas régularisé.

### **Méthodes Expérimentales**

Des plantules normales (240plants) de la prépépinière âgée de 3 mois, ont été repiquées dans des sachets en polyéthylène noir remplis avec les quatre différents substrats énumérés (Figure 1). Les sachets ont une hauteur moyenne de 25 cm, d'un diamètre moyen de 20 cm lorsqu'ils sont remplis et d'un volume moyen de 7850 cm<sup>3</sup> soit 7,85 dm<sup>3</sup>. Ils sont perforés vers le bas afin

de permettre une bonne aération et un bon drainage des substrats. Les plantules ont été entretenues pendant 3 mois sur les quatre substrats étudiés pour avoir au bout de 6 mois des plants robustes et vigoureux sur lesquels s'est pratiqué l'essai. Le volume d'eau journalier apporté à la plante de 6 mois en pépinière est de 17,25mm soit 690 ml/jour, selon les données d'IRHO sur les besoins journaliers d'une plante de 6 mois en pépinière, (IRHO, 1983).



**Figure 1 :** Plants de 3 mois après repiquage dans les sachets noirs

### **Dispositif expérimental**

L'essai a été conduit dans un dispositif en factoriel bloc (deux facteurs) complet randomisé avec 3 répétitions : le facteur substrat avec 4 modalités et le facteur niveau d'apport d'eau avec deux modalités (apport d'eau à 100 %, déficit d'eau à 100 %). En définitive, l'essai était composé de 24 parcelles élémentaires (4 substrats x 2 niveaux d'apport d'eau x 3 blocs) et chaque parcelle élémentaire contenait 10 plants.

### **Observations et mesures des paramètres étudiés**

Les observations et les mesures ont porté sur les paramètres morphologiques des plants âgés de 6 mois (Figure 2). Il s'agit du nombre de feuille verte, de la coloration des feuilles, de la hauteur de la plante et de la circonférence au collet. Ces paramètres sont corrélés avec le déficit hydrique (Maillard *et al*, 1974 ; Adjahoussou, 1983 ; Nouÿ *et al*, 1999). Pour la détermination du niveau de coloration des feuilles des plants, un score de 1 à 3 a été attribué comme suit : -1 : vert pure - 2 : vert pale -3 : jaunâtre.



**Figure 2 :** Plants de 6 mois sur le substrat S<sub>3</sub>: Terre + Poudrette de parc + Fibre de palmier

### **Analyse des données**

Les données collectées ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) avec le logiciel SAS 9.4. En cas de différence significative entre les traitements, la comparaison des moyennes a été effectuée par le test de LSD (Low Significant Difference) au seuil de 5 %.

### **Résultats et discussions**

#### **Résultats**

#### **1. Taux de coloration des feuilles des plants sous arrosage normal et sous stress hydrique en fonction des substrats**

Le tableau I se rapporte aux résultats relatifs à la coloration des feuilles des plants avant et après le stress hydrique. Avant le stress hydrique, tous les plants avaient des feuilles vertes pure, quel que soit le substrat. Au terme de la période de stress, les feuilles des plants témoins (plants arrosés normalement) sont restées vertes pure. De même que les feuilles des plants stressés des substrats S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub>. Par contre, sur le substrat S<sub>1</sub>, 40 % des plants ont eu des feuilles devenues jaunâtre et 20 % des plants ont eu des feuilles devenues vertes pale. Seulement 40 % des plants ont gardé des feuilles vertes pure. Au niveau du substrat S<sub>4</sub>, 80 % des plants avaient des feuilles vertes pure et 20 % avaient des feuilles vertes pale. Aucun plant n'a eu des feuilles jaunâtres.

**Tableau I :** Taux de coloration des feuilles des plants arrosés et stressés en fonction du substrat

Substrats	Colorations des feuilles	Taux de coloration des feuilles avant le stress	Taux de coloration des feuilles à la fin du stress (30 jours)	
			Plants Arrosés (témoins)	Plants Stressés
S <sub>1</sub>	vert pure	100 %	100 %	40 %
	vert pale	0 %	0 %	20 %
	Jaunâtre	0 %	0 %	40 %
S <sub>2</sub>	vert pure	100 %	100 %	100 %
	vert pale	0 %	0 %	0 %
	Jaunâtre	0 %	0 %	0 %
S <sub>3</sub>	vert pure	100 %	100 %	100 %
	vert pale	0 %	0 %	0 %
	jaunâtre	0 %	0 %	0 %
S <sub>4</sub>	vert pure	100 %	100 %	80 %
	vert pale	0 %	0 %	20 %
	jaunâtre	0 %	0 %	0 %

S<sub>1</sub> : 100 % de terre (T) ; S<sub>2</sub> : 50 % Terre + 50 % poudrette de parc (TPP) ; S<sub>3</sub> : 50 % Terre + 25 % de poudrette de parc + 25 % de fibre de palmier (TPPFP) ; S<sub>4</sub> : 50 % Terre (T) + 25 % de poudrette de parc (PP) + 25 % de sciure de bois. (TPPSB)

## 2. Hauteur moyenne des plants sous arrosage normal et sous stress hydrique en fonction des substrats

Avant le stress hydrique, les hauteurs moyennes des plants étaient comprises entre 33,58 et 45,01 cm (Tableau II). Les plants des substrats S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> étaient les plus hautes avec des mesures respectives de 42,91 et 45,01 cm statistiquement identiques. Au terme de la période de stress hydrique, les hauteurs des plants témoins (arrosés) ont augmentée considérablement sur les quatre substrats expérimentés. Les valeurs ont oscillé entre 44 et 59 cm. Les différences observées ont été significatives. Les plants des substrats S<sub>2</sub> (58 cm) et S<sub>3</sub> (59 cm) ont été également les plus hautes. S'agissant des plants stressés, les hauteurs ont varié entre 32 et 51 cm. L'effet du substrat a été significatif. La plus forte hauteur a été enregistrée chez les plants du substrat S<sub>3</sub> (51 cm) et la plus faible a été notée chez ceux du substrat S<sub>1</sub> (32 cm).

**Tableau II** : Hauteur moyenne des plants arrosés et stressés en fonction des substrats au début et après 30 jours d'essai

Substrats	Hauteur moyenne des plants avant le stress (cm)	Hauteur moyenne des plants (cm) à la fin du stress (30 jours)	
		Plants Arrosés (témoins)	Plants Stressés
S <sub>1</sub>	33,60 ± 3 b	44 ± 4,80 b	32 ± 2,10 c
S <sub>2</sub>	42,91 ± 4,07 a	58 ± 6,06 a	47 ± 3.87 b
S <sub>3</sub>	45,01 ± 5,11 a	59 ± 2,74 a	51 ± 2.34 a
S <sub>4</sub>	33,58 ± 3,08 b	45 ± 4,92 b	36 ± 2,19 c
P	0,0001	0,0001	0,0001

S<sub>1</sub> : 100 % de terre (T) ; S<sub>2</sub> : 50 % Terre + 50 % poudrette de parc (TPP) ; S<sub>3</sub> : 50 % Terre + 25 % de poudrette de parc + 25 % de fibre de palmier (TPPFP) ; S<sub>4</sub> : 50 % Terre (T) + 25 % de poudrette de parc (PP) + 25 % de sciure de bois. (TPPSB) ; P : Probabilité.

Dans une colonne, les moyennes affectées de la même lettre sont statistiquement identiques au seuil de 5 % (test de LSD)

### 3. Circonférence au collet moyenne des plants sous arrosage normal et sous stress hydrique en fonction des substrats

L'effet du substrat n'a pas été significatif sur la croissance de la circonférence au collet des plants avant le stress hydrique ( $P > 0,05$ ). Cependant, après 30 jours, les mesures des circonférences au collet ont fluctué entre 2,48 et 3,20 cm sous arrosage normal (témoin) et entre 1,62 et 2,44 cm sous stress hydrique (Tableau III). Les différences observées ont été significatives ( $P < 0,05$ ). Dans les deux conditions, les valeurs des circonférences au collet des plants des substrats S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> ont été les plus élevées et les plus faibles valeurs ont été obtenues chez les plants des substrats S<sub>1</sub> et S<sub>4</sub>.

**Tableau III** : Circonférence moyenne au collet des plants arrosés et stressés en fonction des substrats avant et après 30 jours d'essai

Substrats	Circonférence moyenne au collet des plants (cm) avant le stress	Circonférence moyenne au collet des plants (cm) à la fin du stress (30 jours)	
		Plants Arrosés (témoins)	Plants Stressés
S <sub>1</sub>	1,37 ± 0,2 a	2,48 ± 0,25 b	1,62 ± 0,18 b
S <sub>2</sub>	1,82 ± 0,33 a	3,20 ± 0,31 a	2,44 ± 0,30 a
S <sub>3</sub>	1,44 ± 0,46 a	3,15 ± 0,36 a	2,38 ± 0,42 a
S <sub>4</sub>	1,37 ± 0,21 a	2,50 ± 0,28 b	1,65 ± 0,18 b
P	$P > 0,05$	0,0001	0,0001

S<sub>1</sub> : 100 % de terre (T) ; S<sub>2</sub> : 50 % Terre + 50 % poudrette de parc (TPP) ; S<sub>3</sub> : 50 % Terre + 25 % de poudrette de parc + 25 % de fibre de palmier (TPPFP) ; S<sub>4</sub> : 50 % Terre (T) + 25 % de poudrette de parc (PP) + 25 % de sciure de bois. (TPPSB) ; CV : Coefficient de Variation ; P : Probabilité.

Dans une colonne, les moyennes affectées de la même lettre sont statistiquement identiques au seuil de 5 % (test de LSD).

#### 4. Nombre moyen de feuilles émises vivantes par plants sous arrosage normal et sous stress hydrique en fonction des substrats

Les résultats relatifs au nombre de feuilles émises vivantes par plants en fonction des substrats avant et après la séquence de stress hydrique sont consignés dans le tableau IV. L'analyse statistique a révélé un effet significatif du substrat quelle que soit les conditions ( $P < 0,05$ ). Avant le stress hydrique, les nombres moyens de feuilles émises étaient compris entre 6,5 et 8,5. Au terme de la période de stress hydrique, les nombres de feuilles vivantes émises par plant ont varié entre 8,6 et 10,83 et entre 6 et 9,58 sous arrosage normal et sous stress hydrique respectivement. Les plants des substrats S2 et S3 ont émis plus de feuilles que ceux des substrats S1 et S4.

**Tableau IV** : Nombre moyen de feuilles émises vivantes par les plants arrosés et par les plants stressés en fonction des substrats avant et après 30 jours d'essai

Substrats	Nombre moyen de feuilles émises vivantes par plant avant le stress	Nombre moyen de feuilles émises vivantes par plants à la fin du stress	
		Plants Arrosés (témoins)	Plants Stressés
S <sub>1</sub>	6,75 ± 0,80 b	8,60 ± 0,45 b	6 ± 0,35 b
S <sub>2</sub>	7,58 ± 0,67 a	9,92 ± 0,51 a	8,50 ± 0,67 a
S <sub>3</sub>	8,50 ± 0,52 a	10,83 ± 0,71 a	9,58 ± 0,67 a
S <sub>4</sub>	6,50 ± 0,80 b	8,67 ± 0,49 b	6,90 ± 0,45 b
<b>P</b>	0,0001	0,0001	0,0001

S<sub>1</sub> : 100 % de terre (T) ; S<sub>2</sub> : 50 % Terre + 50 % poudrette de parc (TPP) ; S<sub>3</sub> : 50 % Terre + 25 % de poudrette de parc + 25 % de fibre de palmier (TPPFP) ; S<sub>4</sub> : 50 % Terre (T) + 25 % de poudrette de parc (PP) + 25 % de sciure de bois. (TPPSB) ; CV : Coefficient de Variation ; P : Probabilité.

Dans une colonne, les moyennes affectées de la même lettre sont statistiquement identiques au seuil de 5 % (test de LSD).

#### Discussion

Les feuilles des plants témoins (plants arrosés) sont restées vertes foncées jusqu'à la fin de l'essai quel que soit le substrat. Par contre, sous stress hydrique, seules les feuilles des plants des substrats S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> sont restées vertes foncées jusqu'au terme de l'essai contrairement à celles des plants des substrats S<sub>1</sub> et S<sub>4</sub> dont certaines sont devenues vertes claires ou jaunâtres. La détérioration de la couleur des feuilles des plants de ces substrats (S<sub>1</sub> et S<sub>4</sub>) est due au déficit hydrique. Les substrats S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> aurait mieux conservé leur humidité contrairement aux substrats S<sub>1</sub> et S<sub>4</sub>. Ces résultats sont en accord avec ceux de Dam *et al* (2020) qui ont montré que la masse de chlorophylle est élevée dans les feuilles des plants arrosés par rapport aux plants stressés chez

le sorgho. La coloration verte des feuilles est liée à leur teneur en pigments chlorophylliens. Ces pigments contiennent de l'azote et du magnésium qui sont prélevés dans le sol lors de la nutrition minérale, couplée elle-même à la nutrition hydrique. L'eau sert de véhicule aux minéraux et autres substances dans la plante. Elle entre par la racine où elle se charge de tous les éléments dont la plante a besoin pour se nourrir. En absence d'eau, la plante ne peut pas absorber les minéraux du sol. Ce qui va affecter la masse chlorophyllienne des feuilles.

Sous arrosage normal, la hauteur des plants, la circonférence au collet des plants et le nombre de feuilles émises vertes par plant des substrats S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> ont été plus élevés que ceux des substrats S<sub>1</sub> et S<sub>4</sub>. Sous stress hydrique, les valeurs de ces paramètres ont été également plus élevées chez les plants des substrats S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> que ceux des substrats S<sub>1</sub> et S<sub>4</sub>. Les substrats S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> favorisent plus la croissance des plants. Ils seraient plus fertiles que les substrats S<sub>1</sub> et S<sub>4</sub>. Ces résultats corroborent ceux de Bakayoko *et al* (2019) et N'Guessan *et al* (2021). En condition de stress hydrique, les substrats S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> auraient conservé durablement l'humidité. Ce qui a atténué l'effet du stress hydrique. Par ailleurs, les valeurs des paramètres agromorphologiques des plants sous arrosage normal sont supérieures à celles des plants sous stress hydrique. Le stress hydrique aurait provoqué des troubles physiologiques chez les plants stressés. Les réductions du potentiel hydrique vont réduire la conductance stomatique induisant ainsi des perturbations au niveau du métabolisme photosynthétique (Powles, 1984); ce qui affecte le développement des plants.

## Conclusion

L'objectif de cette étude est L'objectif de cette étude est d'améliorer la croissance des plants de palmier à huile en pépinière pendant la période sèche par l'utilisation de substrats organiques. L'expression des valeurs des paramètres agromorphologiques végétatifs des plants soumis au stress hydrique par rapport à celles des témoins nous a permis de mettre en évidence les substrats qui favorisent une tolérance des plants en période de déficit hydrique. Il ressort des différents résultats que les substrats S<sub>2</sub> (TPP) et S<sub>3</sub> (TPPFP) favorisent plus la croissance des plants de palmier à huile, donc améliorent leur tolérance en période de déficit hydrique. Les substrats S<sub>2</sub> (TPP) et S<sub>3</sub> (TPPFP) ont montré ainsi leur capacité à réduire les effets inhibiteurs du déficit hydrique par rapport aux deux autres traitements que sont S<sub>1</sub> (T) et S<sub>4</sub> (TPPSB). Ces substrats peuvent être ainsi recommandés en pré-pépinière et en pépinière de palmier à huile dans les nouvelles zones d'expansion semi-humides du palmier à huile, soumise à des sécheresses intenses.

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

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

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

### References:

1. Anonyme 1, 2014. Rapport annuel, 25 p.
2. Anonyme 2, 2018. Le palmier à huile dans l'économie Ivoirienne. [Online] <http://www.palmafrique.com/lhuile-de-palme-dans-l'economie-ivoirienne/> (06 Juin 2020).
3. Adjahoussou D.F., 1983. Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) Thèse de Doctorat d'Etat. Université Paris VII, Paris, 203 p.
4. 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).
5. Ballo K. et B. Kouamé., 1997. Comportement agronomique du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) en région à faible pluviosité. Rapport final d'expérimentation en milieu réel. IDEFOR-DPO / AISA. 11 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.
7. Cedra C., 1997. Les matériels de fertilisation et de traitement des cultures. Collections Formagri. Bialec (France), 343 p.
8. Diabate S. (2009). Fusarium wilt of oil palm : diagnosis and prevention ; palm tree file n ° 2, Ed. CNRA April 2009
9. Dam J, Nguinambaye m. M, Fadel G. S., 2020. Impact du stress hydrique sur la production d'une variété de sorgho (*Sorghum bicolor* [L]), le S35 au Tchad. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 45 (2) : 7870-7883
10. D.O. Gogoue, J.N. Konan, T.T. Lekadou, D. Sekou, 2020. Study of the use of NPK fertilizer complexes in root and vegetative improvement of the C1001F category of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in times of water deficit, *Agricultural Science Research Journal*, 10 (6) : 150-163
11. IRHO ; Ministry of Scientific Research, (1983), The cultivation of oil palm. Paper 1, juvenile stages. THE ME 1983. 114p.

12. Jacquemard J.C., 2011. Le palmier à huile. Collection «Agricultures tropicales en poche», Ed. Quæ, Versailles, 275 p.
13. 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.
14. Maillard G., Daniel C. et R. Ochs. 1974. Analyse des effets de la sécheresse sur le palmier à huile. *Oléagineux* 29 : 8 - 9
15. Nouy B., Baudoin L., Djegui N., A. Omoro., 1999. Le palmier à huile en conditions hydriques limitantes. *Plantations Recherche Développement* : pp31-40
16. N'diaye O., 2000. Physiologie d'adaptation du palmier à huile à la sécheresse : problématique, état des connaissances, techniques d'étude. Pour l'obtention du certificate d'etudes superieures specialisés (cess). Session Fevrier-Juin
17. N'guetta R.Y., Dofissi S.O., Ballo K. et Fondio L., 1995. Déclin de la pluviosité en Côte d'Ivoire : Impact éventuel sur la production du palmier à huile. *Sécheresse* 6 (3) : 265-271.
18. N'Guessan A.H., Gougoue 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*, 17 (37) : 1-14.
19. Ognalaga M., Daglih M., Samson D., Paul 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 (*Manihot esculenta* Crantz var 0018) au Sud Est du Gabon (Franceville), *Journal of Animal & Plant Sciences*, 2017. Vol.31, Issue 3: 5063-5073
20. Powles, 1984. Annual Review of plant physiology, 35 : 15-44
21. Quencez P., 1974. Arrosage par aspersion des pépinières de palmier à huile en sacs de plastique, *Oléagineux*, 29e année, n° 8-9 - Août-Septembre 1974
22. Rasmusson E.M., 1987. The prediction of drought : a meteorological perspective. *ENDEAVOUR NEW SERIES*, Vol. 11, 381-387.
23. Reis De Carvalho C. J., 1991. Mécanismes de résistance à la sécheresse chez des plantes jeunes et adultes de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.). Thèse de doctorat. Paris-Sud, Orsay. 203 p
24. 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, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), 60p
25. 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.