

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

*December 2024*

**European Scientific Institute, ESI**

*The content is peer reviewed*

**ESJ Natural/Life/Medical Sciences**

*December 2024 edition vol. 20, No. 36*

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

**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 Saliq,**  
University of Vlora, Albania

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Marija Brajic,**  
University of Split, Croatia

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

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

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

**Fatma Koc,**  
Gazi University, Turkey

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

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

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

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

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

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

**Amarjit Singh,**  
Kurukshetra University, India

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

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

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

**Rokia Sanogo,**  
University USTTB, Mali

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

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

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

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

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

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

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

**Eyal Lewin,**  
Ariel University, Israel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Vanya 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

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

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

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

**Gamal Elgezeery,**  
Suez University, Egypt

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

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

**Seka Yapi Arsene Thierry,**  
Ecole Normale 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 Yehualashet Maru,**  
Jigjiga University, Ethiopia

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

**Elena Hunt,**  
Laurentian University, Canada

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**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,**  
Centro de Estudios Universitarios Madrid, Spain

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Hadi Sutopo,**  
Topazart, Indonesia

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Dorjana Klosi,**  
University of 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,**  
Dnoproperovsk State University of Internal Affairs, Ukraine

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Said 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 Abbes, Algeria

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Suphi Ural,**  
Cukurova University, Turkey

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

**Selcuk Poyraz,**  
Adiyaman University, Turkey

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

**Umut Sener,**  
Aksaray University, Turkey

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Abdul Basit,**  
Zhejiang University, China

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

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

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

**Dolantina Hyka,**  
Mediterranean University of Albania

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

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

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

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

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

**Rafael Antonio Estevez Ramos,**  
Universidad Autónoma del Estado de México

**Mohamed El Mehdi Saidi,**  
Cadi Ayyad University, Morocco

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

**Murry Siyasiya,**  
Blantyre International University, Malawi

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

**Emmanuel Gitonga Gicharu,**  
Mount Kenya University, Kenya

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

**Foldi Kata,**  
University of Debrecen, Hungary

**Elda Xhumari,**  
University of Tirana, Albania

**Daniel Paredes Zempual,**  
Universidad Estatal de Sonora, Mexico

**Jean Francois Regis Sindayihebura,**  
University of Burundi, Burundi

**Luis Enrique Acosta Gonzzlez,**  
University of Holguin, Cuba

# Table of Contents:

**Examining the Multifaceted Determinants of Antenatal Care Utilization  
in Ghana Using Structural Equation Modelling.....1**

*Napoleon Bellua Sam*

*Thomas Aboyine*

*Theresah Tackie-Otoo*

**The Big Catch-up: Addressing Zero-Dose Children as a Surrogate of  
Vaccination Disruptions During Public Health Emergencies: A review of  
literature.....19**

*Sadaf Khan*

*Gajendra Kumar Gupta*

*Deepika Agrawal*

*Syed Hasan Nawaz Zaidi*

*Jyoti Batra*

*Sabin Syed*

*Lokesh Sharma*

*Maureen Khambira*

*Dereje Ayalew Haile*

*Ghanshyam Sethy*

*Snehil Kumar Singh*

**Management of Ectopic Pregnancies at the Community University  
Hospital Center (CUHC) in Bangui, Central African Republic.....36**

*Thibaut Boris Clavaire Songo-Kette Gbekere*

*Alida Koirokpi*

*Rose de Lima Kogboma Wongo*

*Candy Marie Paule Serdouma*

*Severin Saturnin Heya Imbatia*

*Norbert Richard Ngbale*

*Abdoulaye Sepou*

**Plantes à potentialité antihypertensive de la sous-préfecture de Lakota  
(Région de Lôh-Djiboua, Côte d'Ivoire).....46**

*Kouadio Bene*

*Aka Fernand Kadjo*

*Akadji Edward Ahipo*

*Mamidou Witabouna Kone*

**Comparaison morphométrique des semences de quatre espèces du genre  
Adansonia : cas de Adansonia digitata L., Adansonia grandidieri Baill.,  
Adansonia za Baill. et Adansonia rubrostipa Jum. & H. Perrier au Centre  
National de Recherches Forestières (Sénégal).....62**

*Mame Arona Thiaw*

*Maimouna Konte*

*Tamsir Mbaye*

*Marième Fall Ba*

*Dioumacor Fall*

*Penda Diop*

*Moussa Ndiaye*

*Ababacar Ndiaye*

**Effet de l'incorporation de concentré alimentaire industriel dans la ration de poulet de souche locale dans la commune de Korhogo (Côte d'Ivoire).....86**

*Kouakou Parfait Kouadio*

*Soronikpoho Soro*

*Fokoua Kessia Irène Kouakou*

*Kouhana Soro*

**Peritonite Biliaire Primitive Chez l'Enfant : À Propos de Deux Cas au CHUD Borgou-Alibori, Parakou.....100**

*Edwige Lawin*

*Armel Ayaovi Hadonou*

*Fabrice Doha*

*Mouhamed Issa*

*Bio Tamou Sambo*

**Facteurs associés à la positivité de la COVID-19 chez les patients dans les districts sanitaires de Cocody-Bingerville et Marcory Treichville en 2021.....107**

*Assikohon Pulchérie Gouzile*

*Martial Bama*

*Ellélé Aimé Yapi*

*Bi Yourou Guillaume Zamina*

*Amani Yao Me*

*Issaka Tiembre*

**Contribution à la caractérisation lithostratigraphique, granulométrique et morphoscopique des sédiments du Continental Terminal de la région du Sud-Comoé (Côte d'Ivoire) à partir de données de forage et de diagrapie.....122**

*Paule Carole Affoumou*

*Yao Alexis N'Guessan*

*Konan Rodolph Harding Kouakou*

*Guy Armel Tétiali*

**Diversité des Plantes d'Intérêt Apicole dans la Région des Plateaux du Togo.....138**

*Koudegnan Comlan Mawussi*

*Atchou Kokou Adoukonou*

*Kokou Kouami*

**Qualité des données hydrométriques prédites par une approche machine learning dans l'évaluation de la ressource en eau au nord de la Cote d'Ivoire.....155**

*Kamenan Satti Jean-Robert*

*Adja Miessan Germain*

*Marc Youan Ta*

*Amani Michel Kouassi*

*Amandine Carine Njeugeut Mbiafeu*

**Vers une culture durable de l'algue rouge *Gracilaria gracilis* en Tunisie.....176**

*Rafik Ben Said*

*Nouha Mathlouthi*

**Enquête Ethnobotanique des Plantes Médicinales Utilisées dans le  
Traitement des Symptômes de la COVID-19 en Côte  
d'Ivoire.....192**

*Kouamé Barthélémy Yao*

*Amadou Diabagate*

*Ehoulé Kroa*

*Coulibaly Bakary*

*Ibrahim Konate*

**Spatial distribution, abundance and infestation rate of freshwater  
intermediate host snails in Lake Kivu, DR Congo side.....221**

*Jean-Jacques M. Bagalwa*

*Pierre C. Batumike*

*Bertin K. Ndegeyi*

*Jean-Louis K. Bahizire*

# Examining the Multifaceted Determinants of Antenatal Care Utilization in Ghana Using Structural Equation Modelling

*Napoleon Bellua Sam*

Department of Medical Research and Innovation, School of Medicine,  
University for Development Studies, Tamale, Northern Region, Ghana

*Thomas Aboyine*

Tamale Teaching Hospital, Tamale, Northern Region, Ghana

*Theresah Tackie-Otoo*

Dohini Health Centre, Tamale, Northern Region, Ghana

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p1](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p1)

Submitted: 25 October 2024

Accepted: 12 December 2024

Published: 31 December 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Sam N.B., Aboyine T. & Tackie-Otoo T. (2024). *Examining the Multifaceted Determinants of Antenatal Care Utilization in Ghana Using Structural Equation Modelling*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p1>

## Abstract

**Introductions:** Maternal and newborn mortality remains a critical global public health challenge, especially in middle- and lower-income countries. One of the most effective strategies for reducing these mortality rates is the adequate utilization of antenatal care (ANC). This study investigated the determinants influencing ANC utilization and aimed to predict the demographic characteristics that impact ANC attendance using Structural Equation Modelling (SEM). **Methods:** A cross-sectional analytical study was conducted with 254 pregnant women at St. Lucas Hospital in Ghana. Data were collected using a structured questionnaire. SEM and Chi-square analysis were employed to model and examine the determinants influencing antenatal care utilization. **Results:** The findings revealed that the majority (72%) of postpartum mothers had four or more ANC contacts during their most recent pregnancy, with 47.6% initiating ANC attendance in the first trimester. ANC usage was significantly associated with maternal education level ( $P = 0.000$ ), occupational status ( $P = 0.000$ ), age ( $P = 0.030$ ), marital status ( $P = 0.034$ ), religious affiliation ( $P = 0.000$ ), husband's education ( $P = 0.000$ ), and husband's occupation ( $P = 0.000$ ). Furthermore, SEM analysis showed that community factors ( $P = 0.005$ ) and health provider factors ( $P =$

0.000) were important in ANC utilization. This study identified significant demographic factors, such as maternal and husband's education and occupation, and highlighted the critical roles of health providers and community factors in ANC utilization. **Conclusions:** This study established some essential determinants such as health provider and community factors in the utilization of ANC contacts. The study also revealed some demographic characteristics as crucial determinants of ANC attendance.

---

**Keywords:** Antenatal care utilization, maternal and newborn mortality, postpartum mothers, cross-sectional analytical study, structural equation modeling

## Introduction

Antenatal care (ANC) is crucial for reducing maternal morbidity and mortality and ensuring a positive pregnancy experience (Bolarinwa et al., 2021). The health of pregnant women and their unborn children is paramount, and as United Nations Secretary-General Ban Ki-moon stated in an overview of WHO guidelines on antenatal care: "To achieve every Woman Every Child vision and the Global Strategy for Women's, Children's, and Adolescents' Health, we need innovative, evidence-based approaches to antenatal care" (WHO, 2016). Maternal health, with a focus on ANC, is a priority for public health organizations, the World Health Organization, the Ghana Health Service, and non-governmental organizations [as these entities] strive to improve life in communities, regions, countries, and globally. The death of a pregnant woman poses a significant burden and loss to the family and community, [particularly because] two lives are at risk. Therefore, maternal health issues, particularly antenatal care, require prompt attention in health and research fields.

According to the World Health Organization (WHO), estimates indicate that between 1990 and 2015, about 303,000 women died (WHO, 2016). Senah (2003) observed that all women of childbearing age are at risk of losing their lives during pregnancy, regardless of their race, level of education, marital status, or line of work. Moreover, Alvarez et al. (2009) suggested that there is no single effective way to lower maternal mortality. Despite notable progress in areas like Asia and North Africa, the global maternal mortality ratio (MMR) decreased by just 2.3% per year between 1990 and 2015 (WHO, 2016).

Available data indicate that approximately 529,000 maternal deaths occur annually (Ronsmans & Graham, 2006). Around 585,000 women die each year due to pregnancy-related complications, with developing nations such as Sub-Saharan Africa, accounting for 99% of these deaths (UNICEF, 2019). Women face numerous challenges, including pregnancy complications,

that frequently result in maternal mortality (Ikhtiar, 2015). Poor nutrition, poverty, inadequate sanitation, lack of education, and limited access to healthcare significantly impact women's health during pregnancy and delivery, making them more vulnerable (Ronsmans & Graham, 2006). Maternal mortality began to decline more rapidly starting in 2000, achieving a reduction rate of 5.5% (WHO, 2016). There has been extensive international collaboration to reduce maternal mortality significantly (WHO, 2016).

The use of antenatal care is a key factor in determining favourable outcomes for both the mother and the newborn, as demonstrated by Moos et al. (2008), who confirmed that it contributes to safer deliveries and better maternal health. ANC makes it possible to identify and manage possible dangers and consequences early (UNESCO, 2013). However, inadequate ANC attendance makes it more difficult to identify high-risk pregnancies (Flenady et al., 2011), contributing to a 63% higher risk of pregnancy complications (Coria-Soto et al., 1996; Magadi et al., 2000). Effective pregnancy management and the welfare of the unborn child depend on the knowledge and interventions that ANC offers, even though it may not be able to completely avert obstetric emergencies on its own (Coria-Soto et al., 1996; Magadi et al., 2000). Despite its importance, the determinants influencing ANC utilization in Ghana remain multifaceted and complex, necessitating a robust approach, such as Structural Equation Modelling, to explore these determinants comprehensively.

In Ghana, the situation is similar, as antenatal coverage has declined over the years due to factors beyond biological and individual influences, including education, wealth, and ethnicity (Ministry of Health, 2016). The provision of basic obstetric and antenatal care in Ghana is managed by key players within the health system, including Community-based Health Planning and Services (CHPS), health centres, private faith-based facilities, and private midwifery homes (Witter et al., 2009). The Ghana Health Service (GHS) operates district and regional hospitals, as well as tertiary hospitals, which provide emergency and comprehensive obstetric care. Many mission health facilities are located in remote areas, where Traditional Birth Attendants (TBAs) are sometimes trained to assist in deliveries and refer complex cases to hospitals. Meanwhile, Ghana, through the National Health Insurance Scheme (NHIS), has adopted the WHO recommendation of at least four antenatal care visits, although eight are advised (Witter et al., 2009; WHO, 2016; NHIS, 2017).

Although limited studies on antenatal care service use have been conducted in Ghana, none have extensively applied Structural Equation Modelling to investigate the factors influencing ANC utilization among pregnant women, particularly in northern Ghana. This knowledge gap can hinder the planning and delivery of effective reproductive and maternal

healthcare services. Thus, understanding the determinants affecting ANC utilization could be a vital step in developing strategies to improve ANC service usage at both the local and national levels in Ghana. This study aims to explore the determinants associated with ANC service utilization among postpartum mothers, [with the goal of contributing] to policies that reduce maternal deaths and improve neonatal outcomes.

## **Methods**

### **Study Area, Design, and Period**

A cross-sectional analytical study was conducted to evaluate the impact of antenatal care utilization among pregnant women. The study took place in Yesobsa Central, a suburb of the Wiaga sub-district, located in the Builsa North District of the Upper East Region, Ghana. The sub-district had a population of 2,931 in the year 2023. The inhabitants of the community were predominantly Christians. The occupations of the people included farming, trading, and civil service. The sub-district had only St. Lucas Hospital as the primary-level hospital and a few other community-based health planning and services (CHPS) facilities.

The sample size was determined using Yamane's formula with a population size of 703 and a 5% margin of error. This study recruited 254 pregnant women through purposive sampling. Because the study had limited resources and time, purposive sampling was used to choose a sample that would provide the most insightful information on ANC usage. The study aimed to comprehend the intricate, context-specific aspects impacting ANC, which could be best captured by focusing on a carefully chosen set of people with relevant experiences. To meet the inclusion criteria, a sampling frame was developed, including a list of all pregnant women who had enrolled and were attending the postnatal care (PNC) clinic on the data collection day. The postnatal clinic provided information on the average number of postnatal mothers seen every other day, and a total of 254 mothers were interviewed.

The questionnaire was carefully reviewed in relation to the body of available literature. It was specifically designed to meet the research goals. The questions thoroughly investigated the variables affecting antenatal care utilization. A self-developed, structured questionnaire with four sections was eventually employed: The first and second sections focused on demographic factors such as age, marital status, religion, occupation, educational level, income level, health status, and pregnancy intention that could affect ANC utilization. The third section examined community factors, such as family support and cultural influences, affecting ANC use. The final section addressed service provider characteristics, such as facility accessibility, medication availability, and healthcare professional attitudes, impacting ANC utilization. The questionnaires were self-administered and completed face-to-

face. The level of antenatal care utilization was used as the dependent variable, while factors such as patient characteristics, health system influences, socio-cultural factors, and quality of care were considered independent variables.

#### Inclusion Criteria

1. All postpartum clinic attendees between the ages of 15 and 49 were included
2. Women who attended antenatal care services at St. Lucas Hospital and provided informed consent to participate in the study were included.

#### Exclusion Criteria

1. Participants' records that were not complete were excluded.
2. Women who attended the hospital for emergency or non-antenatal care purposes were excluded.
3. Pregnant women who did consent to the study were all excluded

#### Data Processing and Analysis

Data were collected, coded, and entered into Excel, then transferred to the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) Version 22 and STATA Version 14 for statistical analysis. Descriptive statistics such as frequencies and percentages were performed. The Chi-square test was used to explore relationships among variables. Additionally, a Structural Equation Model (SEM) was employed to test the hypothesis that patient characteristics, health system factors, socio-cultural influences, and quality of care directly impact antenatal care utilization. The significance threshold for associations between variables was set at  $P < 0.05$ .

#### Ethical Considerations and Approval

Ethical clearance was obtained, and the hospital gave its approval to conduct the study. When participants were fully informed about the study, they signed or thumb-printed a consent form to provide written informed consent. All patients' privacy and confidentiality were strictly safeguarded.

#### SEM Assumptions

The following assumptions were met as requirements for the SEM analysis:

1. To verify the linear associations between observed variables and latent constructs, a scatterplot was performed, assuming the relationships among variables were linear.
2. As a normality requirement for SEM analysis, the Shapiro-Wilk test was used. Log transformation was applied to skewed distributions.
3. An adequate sample size was employed in our study for SEM parameter estimation. The sample size of 254 exceeded the minimum requirements, ensuring sufficient power for model estimation.

4. Comparative Fit Index (CFI), Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA), and Standardized Root Mean Square Residual (SRMR) were used to evaluate model fit. The acceptable model fit cutoff values were: CFI > 0.90, RMSEA < 0.06, and SRMR < 0.08.
5. The multicollinearity assumption for SEM analysis was assessed using Variance Inflation Factors (VIFs). No significant multicollinearity issues were found, as all VIFs were below the threshold of 5.

## Results

### Socio-demographic characteristics of respondents

The main characteristics are detailed in Table 1. The majority of respondents were between the ages of 26–30 years, accounting for 100 (39.4%) of the sample while those over 35 years (13.8%) accounted for the minority. Most respondents had a body mass index (BMI) classified as overweight, with 137 (53.9%), while 84 (33.1%) had a healthy weight, and 33 (13.0%) were classified as obese. A large proportion of respondents were married, totaling 247 (97.2%), with the highest education level being Junior High for 107 (42.1%), and 67 (26.4%) having no formal education. In terms of employment, most respondents were self-employed (115 or 45.3%), followed by traders (67 or 26.4%), unemployed individuals (43 or 16.6%), and government workers (29 or 11.4%). Table 1 also shows that the majority of respondents identified as Christians, with 206 (81.1%), while 31 (12.2%) were Muslims, and 17 (6.7%) practiced traditional religions. Most husbands were traders, with 146 (57.5%), while 47 (18.5%) were unemployed.

**Table 1:** Socio-demographic characteristics of respondents

Variables	Category	Frequency	Percentage
Ages	18- 25	70	27.6
	26-30	100	39.4
	31-35	49	19.3
	>35	35	13.8
BMI	Healthy weight	84	33.1
	Overweight	137	53.9
	Obese	33	13.0
Marital Status	Married	247	97.2
	Single	7	2.8
Educational Level of Mother	No education	42	16.5
	Primary	76	29.9
	Junior high	107	42.1
	Senior high	29	11.4
Occupation of Mother	Unemployed	43	16.9
	Trader	67	26.4
	Self-employed	115	45.3
	Government worker	29	11.4
Educational Level of Husband	No education	67	26.4

	Primary	53	20.9
	Junior high	13	5.1
	Senior high	41	16.1
	Tertiary and above	80	31.5
Occupation of Husband	Unemployed	47	18.5
	Trader	146	57.5
	Self employed	29	11.4
	Government worker	32	12.6
	Christian	206	81.1
Religious Affiliation	Islam	31	12.2
	Traditional	17	6.7

### **Individual, Community and Health provider factors influencing the utilization of ANC**

Table 2 below presents the various individual factors influencing respondents' use of antenatal care (ANC) services. The majority of respondents strongly agreed (207 or 81.5%) that their educational level played a role in determining their likelihood of utilizing ANC, with 34 (13.4%) agreeing, 7 (2.8%) feeling neutral, and 6 (2.4%) disagreeing. Most respondents also agreed (167 or 65.7%) that a woman's income influenced their participation in ANC services, with 29 (11.4%) strongly agreeing, 53 (20.9%) feeling neutral, and 5 (2.0%) disagreeing. Additionally, 161 (63.4%) strongly agreed that the overall health status of the mother influenced their use of ANC, 74 (29.1%) agreed, 8 (3.1%) felt neutral, and 6 (2.4%) disagreed. A large majority also agreed (128 or 50.4%) and strongly agreed (109 or 42.9%) that a woman's pregnancy intention affected their use of ANC, while 12 (4.7%) were neutral, 4 (1.6%) disagreed, and 1 (0.4%) strongly disagreed. It is evident that most mothers (94.9%) believed their educational level influenced their utilization of ANC.

Table 2 also shows the results of univariate analysis of health provider factors influencing ANC utilization. Most mothers strongly agreed (213 or 83.9%) that the availability of healthcare facilities influenced their ANC use. A significant proportion also agreed (175 or 68.9%) that affordability affected their decision to utilize ANC. Many respondents (172 or 67.7%) agreed that the accessibility of ANC influenced their decision, with 2 (0.4%) disagreeing. Furthermore, 244 (96.1%) either agreed or strongly agreed that the quality of care influenced their decision to use ANC services, while 2 (0.8%) disagreed.

Additionally, Table 2 includes a univariate analysis of community factors affecting ANC utilization. Cultural beliefs and practices surrounding pregnancy and childbirth were either agreed or strongly agreed upon as influencing ANC use by 243 (95.7%), while 9 (3.6%) either disagreed and or strongly disagreed. Social support from family and community members was strongly agreed or agreed to be influential by 238 (93.7%), with 8 (3.6%) disagreeing or strongly disagreeing. A large majority (249 or 98.1%) strongly

agreed or agreed that a woman’s beliefs and attitudes toward pregnancy and childbirth influenced her use of ANC, with 4 (1.6%) disagreeing or strongly disagreeing. Moreover, 242 (95.2%) agreed or strongly agreed that men’s involvement and support in promoting ANC influenced whether a woman utilized antenatal care services, with 4 (1.6%) disagreeing.

**Table 2:** Individual, Community and Health provider’s factors influencing ANC utilization

Characteristics	Category	Frequency	Percentage
<b>Individual Factors</b>			
A woman’s educational level influences her likelihood of seeking and utilizing antenatal care services.	Disagree	6	2.4
	Neutral	7	2.8
	Agree	34	13.4
	Strongly agree	207	81.5
A woman’s income affects her decision to access antenatal care visits.	Disagree	5	2.0
	Neutral	53	20.9
	Agree	167	65.7
It is believed that a woman’s health status plays a role in her decision to utilize antenatal care services	Strongly agree	29	11.4
	Disagree	6	2.4
	Neutral	8	3.1
A woman’s pregnancy intention is in determining her utilization of antenatal care services.	Agree	74	29.1
	Strongly agree	161	63.4
	Strongly disagree	1	0.4
	disagree	4	1.6
	Neutral	12	4.7
	Agree	128	50.4
	Strongly agree	109	42.9
<b>Health Provider Factors</b>			
The availability of healthcare facilities and trained healthcare providers influences the utilization of antenatal care services,	Strongly disagree	1	0.4
	Disagree	2	0.8
	Neutral	4	1.6
	Agree	34	13.4
	Strongly agree	213	83.9
The affordability of antenatal care services affects a woman’s decision to seek and utilize care.	Disagree	1	0.4
	Neutral	22	8.7
	Agree	175	68.9
	Strongly agree	56	22.0
It is believed that the accessibility of antenatal care services affects women’s utilization of care.	Disagree	2	0.8
	Neutral	12	4.7
	Agree	172	67.7
	Strongly agree	68	26.8
The quality of antenatal care services is in determining whether or not women seek and utilize care.	Disagree	2	0.8
	Neutral	8	3.1
	Agree	150	59.1
	Strongly agree	94	37.0
<b>Community Factors</b>			
Cultural beliefs and practices surrounding pregnancy and childbirth affect women’s utilization of antenatal care services.	Strongly disagree	7	2.8
	Disagree	2	0.8
	Neutral	2	0.8
	Agree	34	13.4
	Strongly agree	209	82.3

Social support from family and community members influences a women's decision to seek and utilize antenatal care services.	Strongly disagree	2	0.8
	Disagree	6	2.4
	Neutral	8	3.1
	Agree	78	30.7
	Strongly agree	160	63.0
It is believed that women's beliefs and attitudes towards pregnancy and childbirth affect their utilization of antenatal care services.	Strongly disagree	1	0.4
	Disagree	3	1.2
	Neutral	1	0.4
	Agree	23	9.1
	Strongly agree	226	89.0
Men's involvement and support in promoting antenatal care utilization is in determining whether or not women access and utilize care.	Disagree	4	1.6
	Neutral	8	3.1
	Agree	59	23.2
	Strongly agree	183	72.0

### Quality Care Factors and Level of ANC utilization

Table 3 presents the results of univariate analysis of antenatal care (ANC) utilization among respondents. A majority of respondents, 140 (55.1%), rated the quality of antenatal care they received as satisfactory while 1 (0.4%) rated the quality as poor. Regarding communication between healthcare providers and patients, most respondents (166 or 65.4%) were very satisfied, while 88 (34.6%) found the services merely satisfactory.

Table 3 also shows that 127 (50%) of respondents had at least four ANC contacts, while the other half did not. Among them, 183 (72.0%) had four or more visits, 37 (14.6%) had 0–1 contacts, and 34 (13.4%) had 2–3 visits in their previous pregnancy. A significant number, 121 (47.6%), had their first visit within the first three months while 27 (10.6%) representing the minority had their first visit in the seventh to ninth months. Additionally, 137 (53.9%) responded positively to having their first visit in the first month, while 117 (46.1%) did not have their first visit in the first trimester. Of the respondents, 137 (53.9%) had their first contact between weeks 1 and 12, 76 (29.9%) had it between weeks 13 and 24, and 41 (16.1%) had it between weeks 25 and 36.

Furthermore, 228 (89.8%) of respondents received all the recommended antenatal services, while 26 (10.2%) did not. Most respondents (126 or 49.6%) visited an antenatal care facility more than four times while the minority 46 (18.1%) visited an ANC facility 0–1 times.

**Table 3: Quality of Care and Level of Antenatal utilization**

Characteristics	Category	Frequency	Percentage
<b>Level of Antenatal Care</b>			
How many antenatal care visits did you have during your previous pregnancy?	0-1 times	37	14.6
	2-3 times	34	13.4
	4 and above times	183	72.0
When did you first visit an antenatal care facility during your current pregnancy?	1-3 months	121	47.6
	4-6 months	106	41.7
	7-9 months	27	10.6
Did you have your first antenatal care visit in the first trimester of your pregnancy?	Yes	137	53.9
	No	117	46.1
How many weeks pregnant were you when you had your first antenatal care visit?	1-12 weeks	137	53.9
	13-24weeks	76	29.9
	25-36 weeks	41	16.1
Did you receive all of the recommended antenatal care services during your pregnancy?	Yes	228	89.8
	No	26	10.2
How many times have you visited an antenatal care facility during your current pregnancy?	0-1 times	46	18.1
	2-3 times	82	32.3
	4 and above times	126	49.6
<b>Quality Care Factors</b>			
How would you rate the overall quality of the antenatal care you received during your pregnancy?	Poor	1	0.4
	Satisfactory	140	55.1
	Excellent	113	44.5
How satisfied were you with the communication between you and your healthcare provider during your antenatal care visits?	Satisfactory	88	34.6
	Very Satisfactory	166	65.4
Have you had at least four antenatal care visits during your current pregnancy?	Yes	127	50

### **Association between demographic characteristics and utilization of ANC**

Table 4 presents the association between various socio-demographic variables and the utilization of antenatal care (ANC) visits, categorized into three groups: 0-1 visits, 2-3 visits, and more than 4 visits. The variables examined include age, Body Mass Index (BMI), marital status, educational level, occupation, husband's educational level, husband's occupation, and religious affiliation. There is a statistically significant association between age and the number of ANC visits ( $X^2 = 13.957$ ,  $df = 6$ ,  $P = 0.030$ ). Women aged 26-30 had the highest number of ANC visits (>4), indicating that women in this age group are more likely to utilize ANC services. Marital status also shows a significant association with ANC utilization ( $X^2 = 4.476$ ,  $df = 1$ ,  $P = 0.034$ ). Married women are significantly more likely to have higher ANC visits compared to single women, highlighting the role of marital support in ANC attendance. The educational level of the mother has a strong and significant association with ANC utilization ( $X^2 = 50.960$ ,  $df = 6$ ,  $P = 0.000$ ).

Mothers with junior high and senior high education levels are more likely to have more than 4 ANC visits, suggesting that higher education correlates with better ANC attendance. The occupation of the mother is significantly associated with ANC utilization ( $X^2 = 43.971$ ,  $df = 6$ ,  $P = 0.000$ ). Government workers and self-employed mothers are more likely to have more than 4 ANC visits, indicating that employment status and possibly income stability are key factors in ANC utilization.

The educational level of the husband is also significantly associated with ANC utilization ( $X^2 = 79.865$ ,  $df = 8$ ,  $P = 0.000$ ). Women whose husbands have tertiary education or higher are more likely to have more than 4 ANC visits, suggesting that a husband's education positively influences ANC attendance. The occupation of the husband shows a significant association with ANC utilization ( $X^2 = 54.972$ ,  $df = 6$ ,  $P = 0.000$ ). Women whose husbands are traders are more likely to have 2-3 ANC visits, while those with husbands who are government workers are more likely to have more than 4 ANC visits. Religious affiliation is significantly associated with ANC utilization ( $X^2 = 24.601$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.000$ ). Christian women are more likely to have more than 4 ANC visits compared to women of other religions, indicating a possible cultural or community support system within religious groups that encourages ANC attendance. Although BMI shows differences in ANC utilization, the association is not statistically significant ( $X^2 = 6.510$ ,  $df = 4$ ,  $P = 0.164$ ).

**Table 4:** Association between socio demographics and utilization of ANC

Variables		Antenatal care visits			X <sup>2</sup>	df	P
		0-1	2-3	>4			
Ages	18- 25	14	17	39	13.957	6	0.030
	26-30	19	40	41			
	31-35	3	18	28			
	>35	10	7	18			
BMI	Healthy weight	16	27	41	6.510	4	0.164
	Overweight	27	48	62			
	Obese	3	7	23			
Marital status	Married	43	79	125	4.476	1	0.034
	Single	3	3	1			
Educational level of mother	No education	8	6	28	50.960	6	0.000
	Primary	25	36	15			
	Junior high	10	37	60			
	Senior high	3	3	23			
Occupation of mother	Unemployed	7	5	31	43.971	6	0.000
	Trader	14	34	19			
	Self-employed	24	41	50			
	Government worker	1	2	26			
Educational level of husband	No education	15	27	25	79.865	8	0.000
	Primary	21	25	7			

	Junior high	4	5	4			
	Senior high	5	14	22			
	Tertiary and above	1	11	68			
Occupation of husband	Unemployed	2	9	36	54.972	6	0.000
	Trader	27	69	50			
	Self employed	5	2	22			
	Government worker	12	2	18			
Religious affiliation	Christian	35	60	111	24.601	4	0.000
	Islam	8	8	15			
	Traditional	3	14	0			

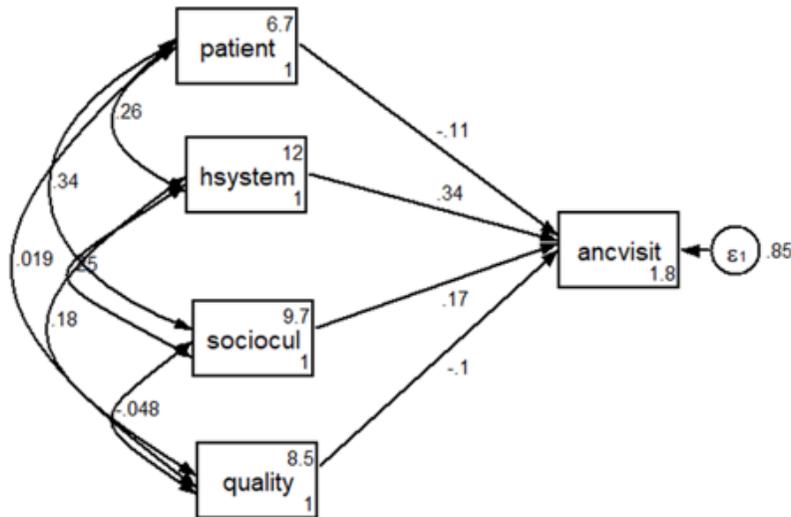
### Factors influencing utilization of antenatal care using structural equation model

The structural equation model revealed that patient/individual factors ( $\beta = -0.114$ ) and quality care factors ( $\beta = -0.103$ ) had negative effects on antenatal care. However, these effects were not statistically significant (all  $P > 0.05$ ). In contrast, health system factors ( $\beta = 0.338$ ;  $P = 0.000$ ) and socio-cultural factors ( $\beta = 0.174$ ;  $P = 0.005$ ) had significant positive effects on antenatal care. Overall, the model fit statistics indicate that the structural equation model fits the observed data well, as shown by the low values for the Root Mean Squared Error of Approximation (RMSEA ( $P < 0.000$ ),  $P_{close} = 1.000$ ), the Standardized Root Mean Squared Residual (SRMR ( $P < 0.001$ )), and the Coefficient of Determination ( $CD = 15.4\%$ ). Additionally, the high values for the Comparative Fit Index (CFI = 1.000) and Tucker-Lewis Index (TLI = 1.000) suggest a good fit. The chi-square statistics also indicate that the model is an excellent fit compared to both the saturated model and the baseline model.

The Akaike Information Criterion (AIC = 1257.046) and Bayesian Information Criterion (BIC = 1327.793) values suggest that the model is reasonably parsimonious, given its fit to the data. This covariance matrix provides important details about the relationships between the latent variables in the structural equation model. The covariances between social culture and quality care, as well as between patient factors and quality care, indicate low associations between these latent variables. Their p-values ( $P > 0.05$ ) suggest that these covariances are not statistically significant, further supporting the idea of a weak relationship. However, the covariances between patient factors and health system factors, patient factors and socio-cultural factors, health system and socio-cultural factors, and health system and quality care factors show significant positive associations between the latent variables (all  $P < 0.05$ ). It should be noted that as one-factor increases, the other tends to increase as well. All the details are presented in Table 5 and Figure 1.

**Table 5:** Summary of the factor loadings

Factors	Standard estimate	P	Decision
Patient →ANC Visit	-.1137991	0.067	Not significant
Health System →ANC Visit	.3375756	0.000	Significant
Socio Culture →ANC Visit	.1735345	0.005	Significant
Quality Care →ANC Visit	-.1030693	0.079	Not significant



**Figure 1:** Structure Equation model showing factors influencing the utilization of antenatal care

## Discussion

This study aimed to explore the determinants associated with ANC service utilization among postpartum mothers. Regarding individual-level factors, the study found that the majority of respondents strongly agreed that a woman’s educational level significantly influences her likelihood of seeking and utilizing antenatal care services. This finding aligns with the study by Simkhada et al. (2008), which also identified educational level as a strong predictor of ANC utilization. The similarity between these studies highlights the critical role education plays in equipping women with knowledge about the benefits of ANC. Additionally, the study revealed that most respondents agreed that a woman’s income affects her decision to access antenatal care visits. This finding is consistent with the research by Adukwu (2015), which concluded that income level significantly influences ANC utilization. Higher-income levels often correlate with better access to healthcare services, including ANC.

In terms of healthcare provider factors influencing ANC utilization, the study found that only a few respondents agreed that the availability of healthcare facilities and trained healthcare providers influences the utilization

of antenatal care services. This finding contrasts with the study by Owino et al. (2009), which reported that the availability of healthcare facilities significantly influenced ANC utilization. The discrepancy between the two studies may be attributed to differences in the availability and accessibility of healthcare services in their respective study areas.

The study found that the majority of respondents agreed that the affordability of antenatal care (ANC) services significantly affects a woman's decision to seek and utilize care. However, this finding contrasts with the study by Lire (2017), which emphasized that the accessibility of medications plays a more significant role in influencing ANC utilization among women.

Moreover, the study revealed that 67.7% of respondents agreed that the accessibility of antenatal care services affects women's utilization of care. This finding aligns with the research by Magadi et al. (2000), which also concluded that the accessibility of ANC services is a crucial factor influencing ANC utilization among women. It is important to note that most maternal deaths occur during childbirth, and the presence of trained medical staff could significantly reduce this number. Antenatal care provides an opportunity to promote the benefits of skilled attendance at birth and to encourage women to seek postpartum care for themselves and their newborns. Additionally, ANC is an ideal time to counsel women on the benefits of child spacing. It offers essential health services, including health promotion, disease prevention, screening, and diagnosis.

The study also examined community-level factors that influence ANC utilization. The findings revealed that 82.3% of respondents strongly agreed that cultural beliefs and practices surrounding pregnancy and childbirth affect women's utilization of antenatal care services. This finding is consistent with the study by Adukwu (2015), which also found that cultural factors significantly influenced ANC attendance among pregnant women. Furthermore, the study showed that 63% of respondents strongly agreed that social support from family and community members influences a woman's decision to seek and utilize antenatal care services. This finding aligns with the research by Mpembeni et al. (2007), which found that a husband's decision significantly impacts a woman's access to ANC services.

Regarding the quality of antenatal care received, 55.1% of respondents rated it as satisfactory, while 44.5% rated it as excellent. This finding differs from the study by Senah (2003), where women expressed dissatisfaction with ANC services. Additionally, most respondents (65.4%) were very satisfied with the communication between healthcare providers and patients. Encouraging pregnant women to attend ANC could play a crucial role in linking them with the health system, which, if functioning well, could be critical in saving their lives in the event of complications during labor and childbirth.

The study examines the demographic factors influencing antenatal care (ANC) attendance among women. It found a significant association between the age of respondents and ANC utilization. This finding is consistent with the study by Mugo et al. (2015), which also identified age as a factor affecting the use of ANC. The similarity between these studies may be attributed to the influence of age on the health-seeking behavior of women in Ghana.

The study also explored the impact of marital status on ANC utilization and found it to be significant. This finding aligns with the research by Tsegay et al. (2013), which revealed that marital status significantly influences ANC visits. The consistency in these findings may be related to the role that family support plays in a woman's decision to utilize ANC services.

Regarding educational level, the study found that both the woman's and her husband's education significantly influenced her likelihood of seeking and utilizing ANC services. This finding is in agreement with Al-Zubayer (2024), which also identified educational level as a strong predictor of ANC utilization. The role of education in increasing knowledge about the benefits of ANC likely explains the similarity between the two studies.

Additionally, the study found that the occupational status of both the woman and her husband influences her likelihood of seeking and utilizing ANC services. This finding is consistent with the research by Fotso et al. (2009), which also identified occupational status as a strong predictor of ANC utilization. It is important to note that a woman's occupation may significantly impact the extent to which she uses antenatal services. It is also important to emphasize that care during pregnancy provides a critical opportunity to deliver interventions that improve maternal health and survival during the period immediately preceding and following birth. Preventing complications for mothers and babies depends on a well-functioning continuum of care including accessible, high-quality services before and during pregnancy, childbirth, and the postnatal period, and good nutrition is equally vital throughout these stages.

## **Conclusion**

The study found that social and cultural factors primarily influence women decision making whether to seek ANC care or not. The study found that at the health facility level, the utilization of ANC among women could be a result of the health education health workers at the study area continue to do concerning ANC attendance and the quality of ANC care they receive. The implication of this is that healthcare providers at the study place could use the findings to provide health education to women to improve their ANC attendance. The study also found that there was a significant association between certain demographic data of respondents and utilization of ANC services. The study's findings are applicable to academic, professional, and

policy-making domains because they highlight the significance of sophisticated analytical techniques like SEM for intricate healthcare research and add to theoretical models on healthcare-seeking behaviors, particularly in relation to maternal health. On a practical level, the insights help healthcare workers create focused interventions, and policymakers can utilize the results to guide data-driven policies that enhance mother and newborn health outcomes and remove obstacles to accessing prenatal care.

**Acknowledgments:** We are grateful to the individuals who proofread the article, the data collectors, the departmental staff who helped bring the work to this level, and the management and staff of St. Lucas Hospital.

**Declaration for Human Participants:** This study has been approved by St Lucas Hospital and the principles of the Helsinki Declaration were followed.

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

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

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

### References:

1. Adukwu, B. O. (2015). *Factors affecting maternal health care services utilization among rural women with low literacy in minority communities, Benue State, Nigeria* (Doctoral dissertation, Southern Connecticut State University).
2. Agus, Y., & Horiuchi, S. (2012). Factors influencing the use of antenatal care in rural West Sumatra, Indonesia. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 12(1), 9.
3. Alvarez, L. W., Alvarez, W., Asaro, F., & Michel, H. V. (1980). Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208(4448), 1095-1108.
4. Al-Zubayer, A., Shanto, H. H., Kundu, S., Sarder, A., & Ahammed, B. (2024). The level of utilization and associated factors of WHO recommended antenatal care visits in South Asian countries. *Dialogues in Health*, 4, 100175. <https://doi.org/10.1016/j.dialog.2024.100175>
5. Bolarinwa, O. A., Fortune, E., Aboagye, R. G., Seidu, A.-A., Olagunju, O. S., Nwagbara, U. I., et al. (2021). Health facility delivery among women of reproductive age in Nigeria: Does age at first birth matter? *PLoS ONE*, 16(11), e0259250. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259250>

6. Coria-Soto, I. L., Bobadilla, J. L., & Notzon, F. (1996). The effectiveness of antenatal care in preventing intrauterine growth retardation and low birth weight due to preterm delivery. *International Journal for Quality in Health Care*, 8(1), 13–20. <https://doi.org/10.1093/intqhc/8.1.13>
7. Flenady, V., Koopmans, L., Middleton, P., Frøen, J. F., Smith, G. C., Gibbons, K., & Fretts, R. (2011). Major risk factors for stillbirth in high-income countries: A systematic review and meta-analysis. *The Lancet*, 377(9774), 1331-1340.
8. Fotso, J. C., Ezeh, A., & Essendi, H. (2009). Maternal health in resource-poor urban settings: How does women's autonomy influence the utilization of obstetric care services? *Reproductive Health*, 6.
9. Ikhtiar, M., & Yasir, Y. (2015). Analysis of maternal mortality determinants in Gowa District, South Sulawesi Province, Indonesia. *American Journal of Public Health*, 3(3), 113-115.
10. Lire, A., Beyamo, A., Tadele, D., & Facha, W. (2017). Delays for utilizing institutional delivery and associated factors among mothers attending public health facilities in Hadiya Zone, Southern Ethiopia. *Science*, 5(6), 149-157.
11. Magadi, M. A., Madise, N. J., & Rodrigues, R. N. (2000). Frequency and timing of antenatal care in Kenya: Explaining the variations between women of different communities. *Social Science & Medicine*, 51(4), 551-561.
12. Ministry of Health. (2016). *Family Health Report*.6.
13. Moos, M. K., Dunlop, A. L., Jack, B. W., Nelson, L., Coonrod, D. V., Long, R., & Gardiner, P. M. (2008). Healthier women, healthier reproductive outcomes: Recommendations for the routine care of all women of reproductive age. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 199(6), S280-S289.
14. Mpembeni, R. N., Killewo, J. Z., Leshabari, M. T., et al. (2007). Use pattern of maternal health services and determinants of skilled care during delivery in Southern Tanzania: Implications for achieving MDG-5 targets. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 7, 29. <https://doi.org/10.1186/1471-2393-7-29>
15. Mugo, N. S., Dibley, M. J., & Agho, K. E. (2015). Prevalence and risk factors for non-use of antenatal care visits: Analysis of the 2010 South Sudan household survey. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 15(1), 68.
16. National Health Insurance Scheme. (2017). *Annual Report*. Accessed July 2024. <https://www.nhis.gov.gh/files/2017%20Annual%20Report.pdf>
17. Owino, L. O., Irimu, G., Olenja, J., & Meme, J. S. (2009). Factors influencing immunisation coverage in Mathare Valley, Nairobi. *East*

- African Medical Journal*, 86(7), 323–329.  
<https://doi.org/10.4314/eamj.v86i7.54146>
18. Ronsmans, C., Graham, W. J., & Lancet Maternal Survival Series steering group. (2006). Maternal mortality: Who, when, where, and why. *The Lancet*, 368(9542), 1189-1200.
  19. Rosenberg, M. (2015). *Society and the adolescent self-image*. Princeton University Press.
  20. Senah, K. (2003). Maternal mortality in Ghana: The other side. *Institute of African Studies Research Review*, 19(1), 47-55.
  21. Simkhada, B., Teijlingen, E. R. v., Porter, M., & Simkhada, P. (2008). Factors affecting the utilization of antenatal care in developing countries: A systematic review of the literature. *Journal of Advanced Nursing*, 61, 244-260. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04532.x>
  22. Tsegay, Y., Gebrehiwot, T., Goicolea, I., Edin, K., Lemma, H., & San Sebastian, M. (2013). Determinants of antenatal and delivery care utilization in Tigray region, Ethiopia.
  23. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. (2013). *Annual Report*. ISBN (PDF): 9789210558396. <https://doi.org/10.18356/2463a2a3-en>
  24. Witter, S., Adjei, S., Armar-Klemesu, M., & Graham, W. (2009). Providing free maternal health care: Ten lessons from an evaluation of the national delivery exemption policy in Ghana. *Global Health Action*, 2. <https://doi.org/10.3402/gha.v2i0.1881>
  25. World Health Organization. (2019). *Trends in maternal mortality 2000 to 2017: Estimates by WHO, UNICEF, UNFPA, World Bank Group and the United Nations Population Division: Executive summary*.
  26. World Health Organization. (2016). *WHO recommendations on antenatal care for a positive pregnancy experience*. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250796/9789241549912eng.pdf?sequence=1>

# The Big Catch-up: Addressing Zero-Dose Children as a Surrogate of Vaccination Disruptions During Public Health Emergencies: A review of literature

*Sadaf Khan*

Independent Researcher

*Gajendra Kumar Gupta*

*Deepika Agrawal*

*Syed Hasan Nawaz Zaidi*

*Jyoti Batra*

Department of Community Medicine,  
Santosh Deemed to Be University, Ghaziabad, India

*Sabin Syed*

International Consultant, Public Health

*Lokesh Sharma*

UNICEF NYHQ

*Maureen Khambira*

Health Specialist, Health Systems Strengthening, UNICEF, Malawi

*Dereje Ayalew Haile*

*Ghanshyam Sethy*

UNICEF Regional Office for East and Southern Africa, Kenya

*Snehil Kumar Singh*

Department of Community Medicine,  
Santosh Deemed to Be University, Ghaziabad, India

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p19](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p19)

Submitted: 20 August 2024

Accepted: 27 November 2024

Published: 31 December 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Khan S., Gupta G.K., Agrawal D., Nawaz Zaidi S.H., Batra J., Syed S., Sharma L., Khambira M., Haile D.A., Sethy G. & Singh S.K. (2024). *The Big Catch-up: Addressing Zero-Dose Children as a Surrogate of Vaccination Disruptions During Public Health Emergencies: A review of literature*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 19.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p19>

## Abstract

The COVID-19 pandemic triggered an unprecedented backslide in global immunization programs, increasing the number of zero-dose children-

those who have not received any vaccinations—from 13.3 million in 2019 to 18.1 million in 2021. This surge poses a significant threat to public health, especially in low- and middle-income countries (LMICs), where healthcare systems are already fragile. This scoping review focused on the impact of the pandemic on childhood immunization, with a focus on zero-dose children, and to identify effective interventions for rebuilding resilient immunization systems. Data from WHO, UNICEF, and Gavi were comprehensively reviewed. The IRMMA (Identify, Reach, Monitor, Measure, Advocate) framework was used to structure the analysis of evidence-based interventions across diverse settings. Consolidated findings show that in 2022, 20.5 million children missed one or more vaccines, with 14.3 million classified as zero-dose children. Despite improvements from 2021, these numbers remain higher than pre-pandemic levels. Countries such as Nigeria (2.3 million zero-dose children), India (1.1 million), and Ethiopia (1.1 million) are most affected.

Our review highlights the importance of strengthening health systems and leveraging innovative strategies such as drone delivery and digital health platforms for reaching zero-dose children. To ensure sustainability, policy interventions must focus on integrating immunization efforts into national healthcare frameworks. This includes prioritizing workforce development, enhancing supply chain management, and fostering partnerships with community leaders to rebuild trust and address vaccine hesitancy. Specific interventions, such as deploying mobile vaccination units, implementing culturally tailored health messaging, and utilizing real-time monitoring technologies, are recommended to target under-reached populations. The pandemic has exacerbated existing vulnerabilities in immunization systems but coordinated global efforts, like the "Big Catch-Up" campaign, offer a pathway to recovery and long-term sustainability. This scoping review underscores the urgent need for robust, context-specific policies and targeted interventions to bridge the immunization gap and protect vulnerable populations from vaccine-preventable diseases.

---

**Keywords:** Zero-Dose Children, COVID-19, Vaccination Disruption, Public Health, Immunization, Big Catch-Up Campaign

## **Introduction**

The COVID-19 pandemic triggered a historic backslide in global immunization coverage, marking the worst decline in over three decades. In 2021, the number of zero-dose children—those who did not receive even a single dose of vital vaccines—grew from 13.3 million in 2019 to 18.2 million globally, representing a critical gap in child health and survival efforts (WHO et al., 2023). The World Health Organization (WHO) and UNICEF estimate that routine immunization services were suspended in over 68 countries,

leaving 25 million children under-vaccinated or entirely unprotected, including 80 million infants at high risk for preventable diseases (WHO, 2024). Countries like India saw a drop in DTP3 vaccine coverage from 91% to 85%, reflecting broader declines in Low- and Middle-Income Countries (LMICs) due to strained healthcare infrastructure (GAVI The Vaccine Alliance, 2022).

The pandemic exacerbated pre-existing challenges, including logistical hurdles like the demand for cold-chain storage for COVID-19 vaccines and the redirection of health resources toward pandemic response efforts (Fahrni et al., 2022). Consequently, many critical immunization campaigns, particularly for diseases such as measles, were delayed or canceled, leading to widespread outbreaks (Sharma et al., 2021). In response, global health agencies have stressed the urgent need to restore and strengthen immunization programs to prevent further escalation of vaccine-preventable diseases (Kapuria B et al., 2024).

This paper examines the profound impact of the pandemic on childhood vaccination efforts, with a particular focus on zero-dose children. Using the IRMMA (Identify, Reach, Monitor, Measure, Advocate) framework, we emphasize the importance of tailored, context-specific interventions to bridge the immunization gap. As part of the broader "Big Catch-Up" initiative, the focus must now shift to a coordinated recovery effort, aligned with the Immunization Agenda 2030 (WHO et al., 2023). This approach aims not only to recover lost ground but also to build a resilient, equitable system that ensures no child is left behind in the wake of the pandemic's disruptions.

This review is justified by the urgent need to address the rising number of zero-dose children globally, a consequence of the COVID-19 pandemic's disruptions to routine immunization programs. Ensuring that every child receives essential vaccinations is critical to reducing preventable diseases and deaths, particularly in low- and middle-income countries. By identifying innovative approaches to reach these vulnerable populations, this review aligns with several Sustainable Development Goals (SDGs). Specifically, it supports **SDG 3 (Good Health and Well-Being)**, which aims to ensure healthy lives and promote well-being for all by increasing immunization coverage and reducing child mortality. Additionally, it contributes to **SDG 10 (Reduced Inequalities)** by focusing on reducing disparities in healthcare access, particularly in remote, rural, and conflict-affected regions where zero-dose children are often concentrated. Addressing these gaps is essential to promoting equitable access to vaccines and achieving universal health coverage.

## **Materials and Methods**

This study is designed as a **scoping review**, aimed at exploring innovative approaches for reaching and vaccinating zero-dose children. A scoping review was chosen due to the emergent nature of this topic, which requires a broad search for evidence, rather than limiting the review to specific interventions or populations as a systematic review would. This approach allows us to map the existing literature and identify gaps for future research.

### **Search Strategy**

We conducted a comprehensive search across various databases, including PubMed, Scopus, and Google Scholar, using the following key terms: "zero-dose children," "unvaccinated children," "vaccination coverage gaps," and "DTP-specific campaigns." The search was supplemented by grey literature from WHO, UNICEF, and relevant policy papers, ensuring that our review captured the broadest possible evidence base. We applied the following **inclusion criteria**:

- Articles published after 2010
- Articles available in English
- Peer-reviewed studies and grey literature focusing on zero-dose or DTP-specific vaccination efforts

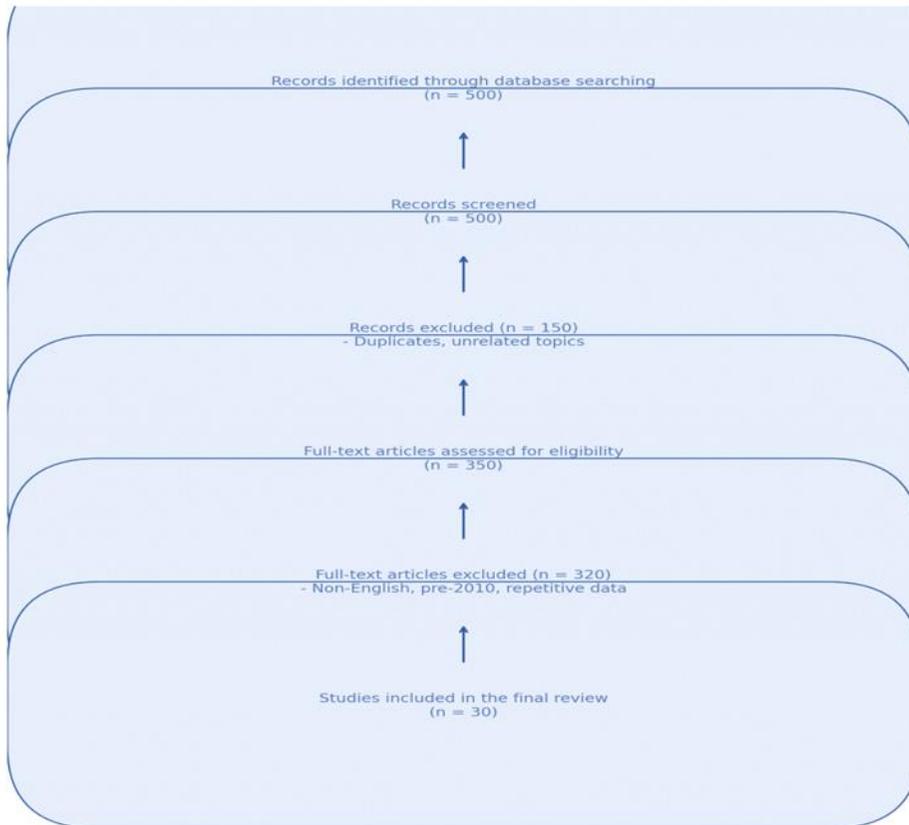
### **Exclusion criteria:**

- Duplicate articles
- Studies focused on unrelated vaccination programs or non-zero-dose populations
- Non-English language publications
- Articles published before 2010

### **Article Selection Process**

The selection process followed the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines, as detailed in the PRISMA diagram. Initially, 500 records were identified through database searches, of which 150 were excluded due to duplication or irrelevance. The remaining 350 articles were screened for full-text review, resulting in the final selection of 30 articles. These articles were then analyzed using the snowball approach, where references from selected studies were reviewed for additional relevant sources.

A detailed PRISMA flow diagram is included to illustrate the selection process.



**Figure 1:** PRISMA diagram

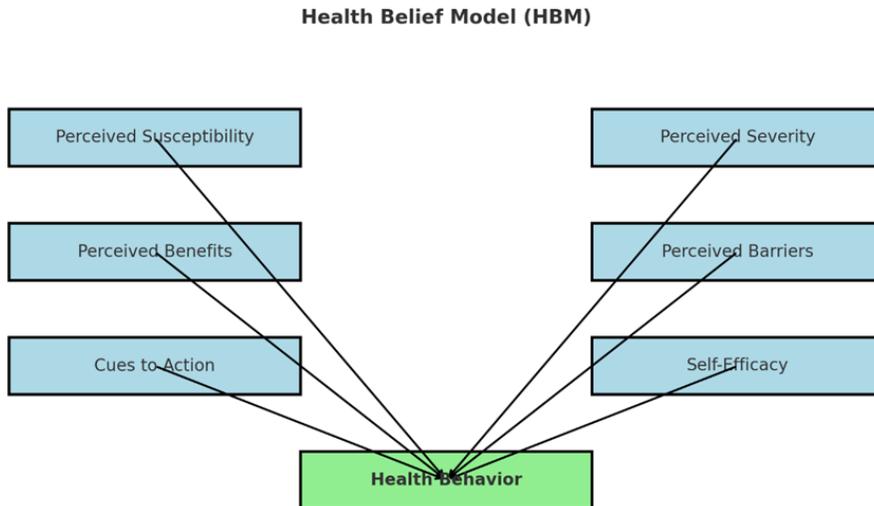
### **Data Extraction and Categorization**

To ensure a structured and comprehensive analysis, the categorization involved grouping interventions into three thematic areas: community-based interventions, technological innovations, and strengthening health systems. Additionally, geographic contexts such as urban, rural, and conflict zones were considered to account for the diverse settings in which zero-dose children reside. Demographic factors, including socioeconomic status, cultural norms, and health service accessibility further refined each category.

### **Theoretical Framework**

We applied the Health Belief Model (HBM) as the underlying theoretical framework for analyzing the socio-cultural and behavioral drivers that affect vaccine uptake. The HBM suggests that health behaviors are influenced by personal beliefs about health conditions and their severity, perceived benefits of action, barriers to action, and self-efficacy. This model is particularly useful for understanding the barriers and enablers of vaccination

uptake among zero-dose children, as it helps identify specific factors that drive or hinder access to immunization in different contexts.



### **Categorization by Setting**

In line with the Equity Reference Group for Immunization (ERG) principles, which highlight that 40% of zero-dose children live in fragile or conflict settings, we categorized interventions based on settings such as remote rural areas, urban slums, and conflict zones. The findings were further grouped into predominant and emerging themes, such as community-based interventions, mobile vaccination units, and digital tracking systems for remote populations. These categorizations allowed us to focus on scalable solutions that are context-specific and effective in addressing zero-dose populations.

By employing a scoping review methodology, guided by the IRMMA framework and Health Belief Model, this study provides a comprehensive overview of the current strategies to reach zero-dose children across diverse settings. The inclusion of both published and grey literature ensures a broad evidence base and the PRISMA diagram provides transparency in our selection process.

### **Geographical Distribution**

According to data published on 18<sup>th</sup> July 2023 by the World Health Organization (WHO) and UNICEF, in 2022, 20.5 million children missed out on one or more vaccines delivered through routine immunization services, compared to 24.4 million children in 2021 (UNICEF, n.d.). Despite this improvement, the number remains higher than the 18.4 million children who

missed out in 2019 before pandemic-related disruptions, underscoring the need for ongoing catch-up, recovery, and system-strengthening efforts. The geographic distribution of zero-dose children highlights concentrated vulnerabilities, with countries like Nigeria (2.3 million), India (1.1 million), and Ethiopia (1.1 million) being the most affected (Table 1).

**Table 1:** No DTP1 (zero dose) Children in 2022:

Country	No DTP1 (zero dose)
Nigeria	2.3 million
Ethiopia	1.1 million
DR Congo	753,000
India	1.1 million
Philippines	637,000
Angola	614,000
Indonesia	577,000
Brazil	431,000
Pakistan	431,000
Mozambique	377,000

The vaccine against diphtheria, tetanus, and pertussis (DTP) is used in the global market for immunization coverage. Of the 20.5 million children who missed out on one or more doses of their DTP vaccines in 2022, 14.3 million did not receive a single dose, so-called zero-dose children (Table 2). The figure represents an improvement from the 18.1 million zero-dose children in 2021 but remains higher than the 12.9 million children in 2019 (PAHO, n.d.).

**Table 2:** Global Vaccination Trends

Year	Total Children Missing Vaccines (millions)	Zero-Dose Children (millions)
2019	18.4	12.9
2021	24.4	18.1
2022	20.5	14.3

The early stages of recovery in global immunization have not occurred equally, with the improvement concentrated in a few countries. Progress in well-resourced countries with large infant populations, such as India and Indonesia, masks slower recovery or even continued declines in most low-income countries, especially for measles vaccination.

Of the 73 countries that recorded substantial declines in coverage during the pandemic, 15 have recovered to pre-pandemic levels, 24 are on the path to recovery, and, most concerning, 34 have stagnated or continued declining. These trends reflect broader challenges in health metrics across

these countries. To effectively accelerate catch-up, recovery, and strengthening efforts, countries must consider the behavioral and social drivers influencing immunization uptake, as outlined in the Health Belief Model (HBM). The HBM emphasizes that perceived susceptibility to vaccine-preventable diseases, perceived severity of these diseases, perceived benefits of vaccination, and perceived barriers (, such as misinformation or logistical difficulties) play critical roles in shaping immunization behaviors. Cues to action, such as community health initiatives, and self-efficacy (the belief in one’s ability to access and receive vaccines) are also key to improving vaccination uptake. By addressing these factors, countries can make more meaningful progress in ensuring that every child is reached with the vaccines they need. Furthermore, since routine immunization is a fundamental pillar of primary healthcare, this provides an opportunity to advance other related health sectors by strengthening the systems that support vaccine delivery.

Vaccination against measles - one of the most infectious pathogens - has not recovered as well as other vaccines, putting an additional 35.2 million children at risk of measles infection. First-dose measles coverage increased to 83 percent in 2022 from 81 percent in 2021 but remained lower than the 86 percent achieved in 2019. As a result, last year, 21.9 million children missed the routine measles vaccination in their first year of life - 2.7 million more than in 2019 – while an additional 13.3 million did not receive their second dose, placing children in under-vaccinated communities at risk of outbreaks. While some countries like India and Indonesia have shown faster recovery, progress has been slower in low-income countries, particularly for measles vaccination. (Table 3).

**Table 3:** Measles Vaccination Coverage

Year	First Dose Coverage (%)	Children Missing First Dose (millions)	Children Missing Second Dose (millions)
2019	86	N/A	N/A
2021	81	N/A	N/A
2022	83	21.9	13.3

Countries with steady, sustained coverage in the years before the pandemic have been better able to stabilize immunization services since the data indicates. For example, South Asia, which reported gradual, ongoing increases in coverage in the decade before the pandemic, has demonstrated a more rapid and robust recovery than regions that suffered longstanding declines, such as Latin America and the Caribbean. The African region, which is lagging in its recovery, faces an extra challenge. With an increasing child population, countries must scale up routine immunization services every year to maintain coverage levels.

DTP3 vaccine coverage in the 57 lower-income countries supported by Gavi, the Vaccine Alliance increased to 81 percent in 2022 - a considerable increase from 78% in 2021 - with the number of zero-dose children who receive no basic vaccines also dropping by 2 million in these countries (WHO, n.d.). However, the increase in DTP3 coverage in Gavi-implementing countries was concentrated in lower-middle-income countries, with low-income countries not yet increasing coverage – indicating the work remaining to help the most vulnerable health systems rebuild (Table 4)

**Table 4:** DTP3 Vaccination in Gavi-supported Countries

Year	DTP3 Coverage (%)	Zero-Dose Children in Gavi-supported Countries (millions)
2021	78	N/A
2022	81	Reduction by 2 million

These tables provide a clear and concise overview of the critical vaccination data during the specified years, highlighting the trends in global vaccination, measles vaccination coverage, and DTP3 vaccination in Gavi-supported countries.

The interventions identified to reach zero-dose children vary based on the setting. In urban slums, strategies such as community-based outreach and religious leader involvement (e.g., Mobile Mullahs) have shown promise, while in remote rural areas, integrating immunization with other sectors such as agriculture and utilizing technologies like drone delivery have been effective. In conflict zones, ensuring healthcare worker safety and integrating vaccination efforts with humanitarian aid have been critical (Table 5)

**Table 5.** Examples of Interventions to Reach Zero-Dose Children Based on Thematic Areas in Each Setting

Setting	Community-Based Interventions	Health Systems Strengthening and Integration	Technological Innovations
Urban Slums	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Art for public health messaging (ex: GOAL Zimbabwe and M-pesa)</li> <li>• Community-based outreach</li> <li>• Utilizing religious leaders (Mobile Mullahs)</li> <li>• Women support groups/ Mother Meetings</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentives for CHWs/ASHAs</li> <li>• Slum health committees</li> <li>• Referral systems (ex: Roadmap for Achieving Universal Immunization Coverage)</li> <li>• Community mapping for timing and location (ex: Humara Bachpan)</li> <li>• Distribution of Vaccination Centers</li> <li>• Monitoring and Evaluation (India’s urban immunization)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GIS for community mapping</li> </ul>

Setting	Community-Based Interventions	Health Systems Strengthening and Integration	Technological Innovations
Remote / Rural	<ul style="list-style-type: none"> <li>Culturally specific messaging (ex: drum beating)</li> </ul>	<p>dashboard, Uganda's AEFI committee)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Electronic Immunization Registers (ex: family folders)</li> <li>My Village My Home</li> <li>Reach Every District (RED)</li> <li>Integration with agricultural, animal health, and commercial sector services (ex: Project Last Mile, OneAcre Fund, Digital Green)</li> <li>Electronic Immunization Registers</li> <li>IRC's mReach tracing data platform</li> <li>Digital Health IDs</li> <li>Monitoring facilities (WHO's Health Resources and Services Availability Monitoring System)</li> <li>Integration with other humanitarian response services (ex: food supplement or formula distribution)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remote temperature monitoring devices (ColdTrace5, Microarray patches, solar direct-drive refrigerators)</li> <li>Drone Delivery</li> <li>Geospatial monitoring (ex: Reveal)</li> </ul>
Conflict Zones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Increase healthcare workers' communication and access to information through WhatsApp messaging or anonymous online hubs</li> <li>Incentivize healthcare workers to acknowledge the risks in conflict zones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IRC's mReach tracing data platform</li> <li>Digital Health IDs</li> <li>Monitoring facilities (WHO's Health Resources and Services Availability Monitoring System)</li> <li>Integration with other humanitarian response services (ex: food supplement or formula distribution)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biometrics (ex: iRes)</li> </ul>

### Reasons for the Disparity:

#### Healthcare System Disruptions and Capacity

- **Low-income countries** have faced prolonged disruptions to healthcare services during the pandemic, which significantly delayed routine immunization programs, including measles vaccination. Many of these countries have fragile health systems, which were further strained by the COVID-19 response efforts.
- **Resource availability** in countries like India and Indonesia has allowed for a quicker recovery in vaccination campaigns because they were better equipped with infrastructure and healthcare personnel to reinstate programs. In contrast, countries with fewer resources and greater logistical challenges have lagged in restoring vaccination coverage.

- **Supportive Literature:** Studies indicate that countries with stronger healthcare systems and higher health expenditure per capita are more likely to quickly recover from disruptions in routine services like immunization programs (Singh et al., 2024).

### **Vaccine Accessibility and Supply Chain Issues**

- **Logistical barriers**, such as vaccine shortages and cold-chain failures, have disproportionately affected low-income countries. The transport of vaccines to remote and conflict-affected regions has also been a significant challenge.
- **Perceived Barriers** (, HBM): In the context of HBM, logistical difficulties are a key barrier perceived by both healthcare providers and parents in low-resource settings. These barriers hinder access to vaccines, leading to lower coverage rates. As a result, fewer children receive measles vaccines, particularly the second dose, which is critical for effective protection.
- **Supportive Literature:** A scoping review by Fahrni et al. (, 2022) highlights that vaccine distribution in low-resource settings was severely disrupted by pandemic-related supply chain issues, leading to uneven recovery in immunization rates.

### **Vaccine Hesitancy and Misinformation**

- **Perceived Susceptibility and Severity** (, HBM): Parents' beliefs about the likelihood of their child contracting measles (, susceptibility) and the perceived seriousness of the disease (, severity) influence their decision to vaccinate. In some low-income countries, vaccine hesitancy driven by misinformation, fear of side effects, and mistrust in healthcare systems is more prevalent. This mistrust was exacerbated during the pandemic when false information about vaccines spread widely.
- **Supportive Literature:** Research shows that vaccine hesitancy disproportionately affects communities with lower healthcare literacy and access to reliable health information, contributing to disparities in vaccine coverage (Fahrni et al., 2022).

### **Cultural and Social Factors**

- In some **remote and rural areas** in low-income countries, cultural beliefs about vaccinations and healthcare practices can discourage parents from seeking routine vaccinations for their children.
- **Cues to Action** (, HBM): In countries with slow recovery, a lack of strong community-based cues to action—such as public health campaigns or outreach by trusted community leaders—can result in

lower vaccination uptake. Conversely, in countries like India and Indonesia, active community engagement and outreach programs have helped to restore vaccination rates more rapidly.

- **Supportive Literature:** Research by Garnelo et al. (, 2020) underscores the importance of culturally specific health interventions that target vaccination uptake in rural populations. Countries with stronger community health outreach, like India, have been able to more effectively counter these barriers.

## Discussion

We reviewed 63 relevant materials and conducted six key informant interviews to identify interventions aimed at vaccinating zero-dose children. Our key informants included representatives from non-governmental organizations (NGOs) such as PATH and VillageReach and academics. Much of the literature that guided our analysis came from grey sources, such as reports and articles by UNICEF, WHO, JSI, and the Equity Reference Group for Immunization (ERG). While peer-reviewed studies on zero-dose vaccination interventions were limited, the materials provided sufficient context for examining strategies across different settings where zero-dose children are prevalent: urban slums, remote rural areas, and conflict zones.

In line with the global efforts articulated in "The Big Catch-Up" campaign, our findings highlight the importance of adapting interventions to local contexts. The campaign emphasizes three core strategies—Catch-Up, Restore, and Strengthen—to mitigate the effects of the pandemic on global immunization (UNICEF, 2022). Our review supports this approach by identifying interventions across three key thematic areas including community engagement, health systems strengthening and integration, and technological innovation (Singh et al., 2024).

The data indicate that reaching zero-dose children in these priority settings requires interventions tailored to the specific sociocultural, economic, and political barriers faced by each community (Garg et al., Jan-Jun 2024). For instance, in urban slums, where mistrust in healthcare systems and logistical barriers are significant, community-based outreach and leveraging local leaders are crucial. Similarly, in remote rural settings, integrating health services with other sectors, such as agriculture, has shown promise. In conflict zones, ensuring the safety of healthcare workers and integrating vaccination efforts with humanitarian services are critical to reaching zero-dose children (Garnelo et al., 2020).

One recurring theme in our review was the need to avoid a "one-size-fits-all" approach. While global frameworks like the Zero Dose Guidelines provide a strong foundation, the interventions must be nuanced to address specific local challenges (Mahmoud et al., 2024). This is particularly relevant

in fragile contexts where zero-dose children are often hardest to reach due to ongoing conflict, displacement, and limited healthcare infrastructure.

Our review also revealed gaps in the existing evidence. First, there is limited data on the effectiveness of the interventions identified, particularly in relation to zero-dose children. While enthusiasm for these interventions is high, especially around innovative technologies like digital health records and vaccine delivery systems, their long-term impact on vaccine uptake remains unclear. Second, the cost-effectiveness of scaling these interventions in diverse contexts has not been adequately studied, which presents a challenge for policy implementation. Third, many interventions designed to reach zero-dose children also benefit under-vaccinated populations, making it difficult to assess the specific impact on zero-dose children.

Despite these limitations, our work underscores the importance of a multi-faceted approach that integrates community engagement, health systems strengthening, and technological innovation. The alignment with "The Big Catch-Up" campaign's strategic objectives emphasizes the need for urgent, equitable, and sustainable immunization efforts to recover from the setbacks caused by the COVID-19 pandemic.

The global push to vaccinate zero-dose children presents both challenges and opportunities. Our narrative review, informed by the principles of "The Big Catch-Up" campaign, highlights the critical need for context-specific interventions that reflect the unique barriers faced by missed communities. As global immunization efforts intensify, it will be essential to continue evaluating the effectiveness of these interventions and to ensure that they are integrated into resilient and sustainable health systems (Bhriгу Kapuria Randa S. Hamadeh et al., 2023).

#### *Gaps in Literature:*

*Limited Evidence on Interventions' Effectiveness:* The manuscript notes the scarcity of evidence on the effectiveness of interventions aimed at increasing vaccine uptake among zero-dose children. Future research should focus on evaluating these interventions, particularly in diverse settings, to understand what works, for whom, and under what circumstances.

*Cost-Effectiveness of Interventions:* Another significant gap is the lack of data on the cost-effectiveness of scaling up these interventions. Research in this area is crucial for policymakers and practitioners to allocate resources efficiently and sustainably implement successful strategies.

*Under-vaccinated vs. Zero-Dose Children:* The distinction between under-vaccinated and zero-dose children needs further exploration. Understanding the barriers and facilitators unique to each group can help tailor interventions more effectively.

*Cultural and Socio-political Factors:* The review highlights the importance of adapting interventions to local contexts but does not delve deeply into how cultural, socio-economic, and political factors influence vaccine uptake. Future studies should examine these dimensions to design culturally sensitive and context-specific interventions.

*Technological Innovations:* While the manuscript mentions technological innovations as part of the solution, there is a gap in the literature regarding the adoption and impact of these technologies in different settings. Research focusing on the implementation challenges and effectiveness of technological solutions in enhancing vaccine coverage is needed.

## **Conclusion**

The COVID-19 pandemic has exposed significant vulnerabilities within global health systems, notably through the sharp increase in zero-dose children who have missed essential vaccinations. This has heightened the risk of outbreaks of vaccine-preventable diseases, creating an urgent global public health threat. However, this crisis also provides a crucial opportunity for transformative changes in immunization efforts.

Our review, supported by data from WHO, UNICEF, and Gavi, emphasizes that recovery requires a comprehensive and adaptable approach. The "Big Catch-Up" campaign serves as a key framework to drive these efforts, with strategies focused on catching up, restoring, and strengthening immunization systems. This initiative aims not only to recover the millions of missed children but also to rebuild immunization coverage to pre-pandemic levels and beyond.

Ensuring the long-term sustainability of these interventions will require continuous investment in healthcare infrastructure and workforce capacity. Strengthening community-based health systems and integrating immunization efforts into broader healthcare services are critical for achieving lasting results. Establishing robust monitoring and evaluation frameworks can help track progress and ensure accountability while fostering community ownership through active participation can enhance trust and engagement. Furthermore, leveraging innovative technologies such as digital health platforms, drone delivery systems, and real-time monitoring tools can address logistical barriers and improve efficiency.

International collaboration and partnerships between governments, non-governmental organizations, and private sector stakeholders will be crucial in aligning immunization goals with broader health priorities. By promoting resilience and adaptability, these efforts can secure equitable healthcare access for vulnerable populations and safeguard immunization systems against future public health emergencies.

## Recommendations

Addressing the low vaccine uptake requires a multifaceted approach informed by the Health Belief Model (HBM). First, increasing awareness of the risks associated with preventable diseases—such as measles—can raise perceived susceptibility and severity, motivating communities to take protective action. Educational campaigns should emphasize the individual and community benefits of vaccination to boost perceived benefits and reinforce the value of immunization. Additionally, addressing logistical and social barriers is critical. Policies that improve accessibility—such as mobile vaccination units, cost-reduction initiatives, and partnerships with trusted local leaders—can help reduce perceived barriers. Finally, cues to action and self-efficacy must be strengthened through regular community outreach, reminders, and support systems. By incorporating these HBM-based strategies, vaccination programs can more effectively promote immunization uptake, particularly in underserved and hesitant populations, supporting equitable healthcare access and improving public health outcomes.

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

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

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

## References:

1. Bhrigu Kapuria<sup>1</sup> Randa S. Hamadeh, Farah Mazloum<sup>1</sup> Kassem Chaalan, Kyaw Aung, Ettie Higgins, Wafaa Kanaan, Tatiana Tohme, Doaa Kamal, Christina E. Khoury, Sabin Syed. (, 2023). Immunization as an entry point for primary health care and beyond healthcare interventions—Process and insights from an integrated approach in Lebanon. *Frontiers in Health Services*, 3. <https://doi.org/10.3389/frhs.2023.1251775>
2. Fahrni, M. L., Ismail, I. A., Refi, D. M., Almeman, A., Yaakob, N. C., Saman, K. M., Mansor, N. F., Noordin, N., & Babar, Z. U. (, 2022). Management of COVID-19 vaccines cold chain logistics: A scoping review. <https://doi.org/10.1186/s40545-022-00411-5>. *Journal of Pharmaceutical Policy and Practice*, 15(, 1), 16. <https://doi.org/10.1186/s40545-022-00411-5>
3. Garg, Rajat; Bhargava, Anita; Singh, Snehil Kumar. (, Jan-Jun2024). *Capacity Building in Public Health Emergency Management: A Crucial Pillar for Global Health Security*. 28–32. [https://doi.org/10.4103/JNMO.JNMO\\_10\\_24](https://doi.org/10.4103/JNMO.JNMO_10_24)

4. Garnelo, L., Parente, R.C.P., Puchiarelli, M.L.R. et al. (, 2020). Barriers to access and organization of primary health care services for rural riverside populations in the Amazon. *Int J Equity Health*, 19(, 54). <https://doi.org/10.1186/s12939-020-01171-x>
5. GAVI The Vaccine Alliance. (2022, July 29). *Immunization in lower-income countries: Pandemic leads to a decline in coverage but signs of recovery emerge*. <https://www.gavi.org/news/media-room/immunisation-lower-income-countries-pandemic-leads-decline-coverage-signs-recovery>
6. Kapuria B, Sami Hamadeh R, Mazloun F, Korbane JA, Aung K, Kamal D, Chamoun N and Syed S. (, 2024). Achieving sustainable, environmentally viable, solarized vaccine cold chain system and vaccination program—An effort to move towards clean and green energy-driven primary healthcare in Lebanon. *Frontiers in Health Services*, 4. <https://doi.org/10.3389/frhs.2024.1386432>
7. Mahmoud, Amina & Singh, Neha & Abdelmagid, Nada & Sabahelzain, Majdi & Checchi, Francesco & Mounier-Jack, Sandra & Nor, Barni. (, 2024). *Assessing Vaccination Delivery Strategies for Zero-Dose and Under-Immunized Children in the Fragile Context of Somalia*. *Vaccines*. 12(, 154). <http://dx.doi.org/10.3390/vaccines12020154>
8. PAHO. (, n.d.). *Factsheet: WHO/UNICEF Estimate of National Immunization Coverage 2022*. PAHO. <https://www.paho.org/en/documents/factsheet-whounicef-estimate-national-immunization-coverage-2022>
9. Sharma, Mohit; Singh, Snehil K.; Sharma, Lokesh, Dwiwedi, Manish K.; Agarwal, Deepika; Gupta, Gajendra K.; Dhiman, Ranjit. (, 2021). Magnitude and causes of routine immunization disruptions during the COVID-19 pandemic in developing countries. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 10(, 11), 3991–3997. [https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc\\_1102\\_21](https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_1102_21)
10. Singh, S. K., Gupta, G. K., Agrawal, D., Zaidi, S. H. N., Batra, J., Sharma, L., Juneja, S., Joshi, K. J., Sethy, G., Haile, D. A., & Syed, S. (, 2024). Leveraging Resource Centers for Strengthening Immunization Supply Chain. *Cureus*, 16(, 4). <https://doi.org/10.7759/cureus.58966>
11. UNICEF. (, n.d.). *Zero-Dose Children: The alarming reality of missed vaccinations highlighted in UNICEF’s 2023 World Immunization Week Dashboard*. UNICEF.
12. UNICEF. (, 2022). *Every child survives and thrives -Global Annual Results Report*. UNICEF.

- <https://www.unicef.org/media/143436/file/Global%20annual%20results%20report%202022%20:%20Goal%20Area%201.pdf>
13. WHO. (, n.d.). *Childhood Immunization Post COVID-19*. WHO. <https://www.who.int/news/item/18-07-2023-childhood-immunization-begins-recovery-after-covid-19-backslide>
  14. WHO. (2024, July 15). *Global childhood immunization levels stalled in 2023, leaving many without life-saving protection*. <https://www.who.int/news/item/15-07-2024-global-childhood-immunization-levels-stalled-in-2023-leaving-many-without-life-saving-protection>
  15. WHO, & UNICEF, and Gavi, The Vaccine Alliance,. (2023, May). *The Big Catch-Up: An Essential Immunization Recovery Plan FOR 2023 AND BEYOND*. <https://www.immunizationagenda2030.org/images/documents/9789240075511-eng.pdf>

## Appendix

### **Annex 1- Vaccine-dose combinations for which estimates are produced**

<b>Vaccine-dose combinations for which estimates are produced</b>		
<b>Years</b>	<b>Number</b>	<b>Vaccine-dose</b>
1980–1984	6	BCG, DTP1, DTP3, MCV1, POL3, RCV1
1985–1989	7	... + HEPB3
1990–1996	8	... ... + HIB3
1997–1999	9	... ... + YFV
2000–2005	12	... ... + HEPBB + MCV2
2006–2007	13	..... + ROTAC
2008–2014	15	..... + PCV3
2015–2022	16	..... + IPV1

BCG – Bacille Calmette-Guérin, DTP – Diphtheria-Tetanus-Pertussis containing vaccine, MCV – Measles containing vaccine, POL – Polio, RCV – Rubella containing vaccine, HEPB – Hepatitis B containing vaccine, HIB – Haemophilus influenzae type B containing vaccine, YFV – Yellow Fever vaccine, HEPBB – Hepatitis B birth dose, ROTAC – Rotavirus vaccine (, last dose), PCV – Pneumococcal conjugate vaccine, IPV – Inactivated polio vaccine.

## Management of Ectopic Pregnancies at the Community University Hospital Center (CUHC) in Bangui, Central African Republic

*Thibaut Boris Clavaire Songo-Kette Gbekere*

*Alida Koirokpi*

*Rose de Lima Kogboma Wongo*

Obstetrician gynecologist at the Community Hospital University Center in Bangui, Central African Republic

*Candy Marie Paule Serdouma*

Graduate degree student in Obstetrics and Gynecology department at the Community Hospital University Center in Bangui, Central African Republic

*Severin Saturnin Heya Imbatia*

Obstetrician gynecologist at the Community Hospital University Center in Bangui, Central African Republic

*Norbert Richard Ngbale*

Full professor of Gynecology and Obstetrics at the Community Hospital University Center in Bangui, Central African Republic

*Abdoulaye Sepou*

Full Professor of Gynecology and Obstetrics, Head of the gynecology and obstetrics department at the Community Hospital University Center in Bangui, Central African Republic

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p36](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p36)

Submitted: 14 September 2024

Accepted: 19 December 2024

Published: 31 December 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Songo-Kette Gbekere T.B.C., Koirokpi A., Kogboma Wongo R.L., Paule Serdouma C.M., Heya Imbatia S.S., Ngbale N.R. & Sepou A. (2024). *Management of Ectopic Pregnancies at the Community University Hospital Center (CUHC) in Bangui, Central African Republic*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 36. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p36>

### Abstract

**Introduction:** Ectopic pregnancy (EP) is an obstetrical emergency that affects women in the first trimester of pregnancy. We decided to find out more about the care of these women. **Methodology:** This was a cross-sectional study over a period of 6 months, from November 1st, 2022 to April 29th, 2023, covering both operated patients and medically treated for EP at the

Community University Hospital Center (CUHC). **Results:** During this period, we recorded 103 cases of ectopic pregnancy out of 1659 deliveries, representing a frequency of 6.2%. Patients under 35 years old were the most represented (88.3%). The majority of our patients had reached secondary school (54.4%) and were multiparous (33%). The gestational age of 8 – 12 weeks was the most affected during the consultation. **Conclusion:** Radical surgery remains the most used therapeutic method with 84.2% of cases in our study. Ectopic pregnancy is an extreme obstetrical emergency of the first trimester that requires adequate care. The best treatment is primary prevention by avoiding risk factors.

---

**Keywords:** Ectopic pregnancy, risk factors, treatment

## **Introduction**

Ectopic pregnancy (EP) is a common cause of morbidity and mortality in the first trimester of pregnancy in women of childbearing age. Its etiology remains uncertain and its diagnosis is often difficult (Sépo, 2003; Kirk, 2009). It is defined as the implantation and development of the egg outside the uterine cavity. Generally, the fertilized egg cannot pass through the fallopian tube and is implanted in the uterine cavity. Being a gynecological emergency, its early diagnosis makes it possible to avoid its rupture and the threat to the woman's vital prognosis (Kirk, 2009). Its incidence continues to increase across the world, due to various factors, including the high prevalence of sexually transmitted infections (STIs) (Assoumou, 2022). In France, it is estimated that 15,000 women will have EP each year, 2 to 5 of them will have a fatal outcome; Around 400 will have problems with later fertility and 1000 will have to resort to medically assisted procreation (MAP) (Fernandez, 2010). In sub-Saharan Africa, the frequency of EP still remains high, at 2.41% in CHAD, and 3.45% in Cameroon (Gabkika, 2015; Kenfack, 2012). In the Central African Republic, the first study was carried out in 2003 in the same department, where the frequency of EP was 1.6% (Sépo, 2003). Twenty years later the improvement of the technical platform allows better management of GEU, we want to reassess the different determinants impacting the occurrence of EP. The aim of our study is to contribute to improving the management of ectopic pregnancies at the CUHC of Bangui.

## **Materials and methods**

This was a cross-sectional study that we carried out over a period of six (6) months, from November 1st, 2022 to April 30th, 2023. The study population was full of pregnant women in the first trimester of pregnancy. The inclusion criteria were pregnant women whose diagnosis of ectopic pregnancy

was made and who received medical or surgical treatment in the Gynecology-Obstetrics department of the CUHC of Bangui during the study period.

The different variables studied were: sociodemographic characteristics known as: (age group, gestation, parity), history (EP, Voluntary Termination of Pregnancy (VTP), Salpingitis, Endometritis), clinical aspects (functional signs, general and physical signs) and paraclinical (HCG beta plasma, urine pregnancy test, hemoglobin level, pelvic ultrasound), management and prognosis. The data were compiled, validated, and analyzed using Epi info 7.2.2.6 software.

## Results

### Frequency

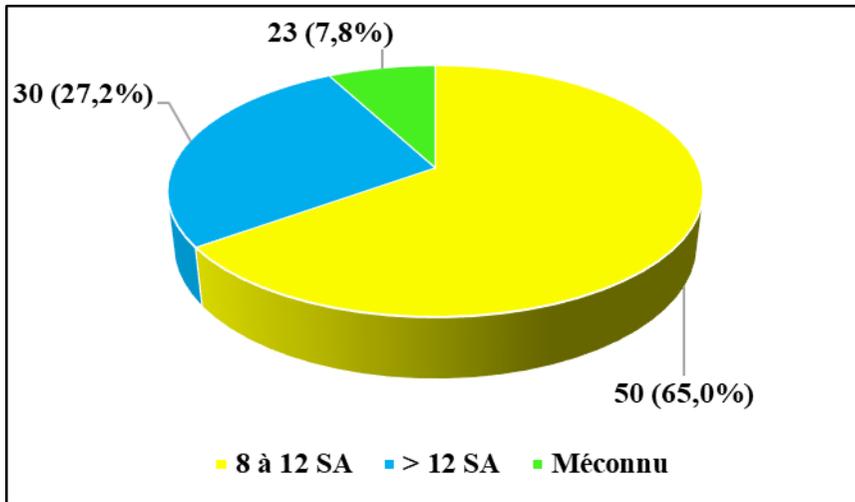
The frequency of EP was 6.2% for 1659 pregnant women recorded in the first trimester of pregnancy.

**Table I:** Distribution of patients according to age and level of education

Age group	Number n=103	Percentage
15 to 19 years old	2	2
20 to 24 years old	23	22.4
25 to 29 years old	31	30
30 à 34 years old	35	34
≥ 35 years old	12	11.6
<b>Education level</b>		
Unschoolé	10	9.7
Primary	25	24.3
Secondary	56	54.4
High school	12	11.6

**Table II :** Distribution of patients according to the gravidity, Parity and the History

Parameters	Number (n =103)	Percentage
<b>Gravidity</b>		
Primigravida (1 pregnancy)	11	10.7
Paucigravida(2 to 3 pregnancies)	17	16.5
Multigravida (4 to 6 pregnancies)	75	72.8
Grand multigravida (≥7 pregnancies)	0	0
<b>Parity</b>		
Nullipare (no childbirth)	20	19.4
Primipara (1 childbirth)	22	21.3
Pauci para (2 to 3 childbirth)	27	26.2
Multipara (4 to 6 childbirth)	34	33
<b>History</b>		
Salpingitis	50	48.5
clandestine abortion	43	41.8
Ectopic pregnancy	10	9.7
Total	103	100



**Figure 1:** Distribution of patients according to the gestational age of pregnancy

**Table III :** Distribution of patients according to the management

Treatment	Number	Percentage
<b>Medical</b>	<b>n=103</b>	
Methotrexate	2	1.9
blood transfusion required	85	82.5
Blood transfusion no required	16	15.6
<b>Surgical Treatment</b>	<b>n=101</b>	
Total salpingectomy	85	84.2
Adnexectomy	16	15.8
<b>Value of Lost blood</b>	<b>n=101</b>	
<1 liter	16	15.8
1 à 2 liters	40	39.6
2 à 3 liters	40	39.6
>3 liters	5	5

**Table IV :** Distribution of patients according to the locations

Locations	number (n=101)	Percentage
<b>Tubal</b>		
Ampullary	56	55.4
Isthmic	25	24.7
Infundibular	4	4
<b>Not specified</b>	12	11.9
<b>Ovarian</b>	2	2
<b>Abdominale</b>	2	2

### Maternal and fetal prognosis

During our study, we did not record any cases of death linked to the management of GEU cases. However, 9.7% of patients had a poor obstetric prognosis due to a history of contralateral salpingectomy.

## **Discussion**

### **Frequency**

Ectopic pregnancy is a pathology that constitutes an obstetrical emergency. It is becoming more and more common in Africa. In our study, we found a frequency of 6.2% (1 EP for 16 pregnancies). Sépou in 1998 in the same department found a frequency of EP (1 case for 61.8 deliveries and 1 case for 114 gynecological and obstetric interventions) (Sépou, 2003). This difference can be explained by the fact that sexually transmitted infections are increasingly widespread and treatment is poorly organized. This contributes to after-effects, which are believed to be the cause of increasingly frequent EPs. This rate was also higher than that found by Bangambe in Kinshasa (1.56%) and Gabkika in N'Djamena 2.4% (Bangambe, 2016; Gabkika, 2015).

### **Socio-economic characteristics**

Age represents a determining factor in the occurrence of pathologies in the 1st trimester of pregnancy. Women at the childbearing age are sexually active and susceptible to sexually transmitted infections (STIs). These promote the occurrence of EP through a mechanism secondary to tubal anatomy (Fernandez, 2005).

The pregnant women included in our study were aged between 15 and 43 years old. The average age was 28.2 years. The predominant age group was 30 to 34 years old. This age range was slightly higher than that one found during a study carried out in the same department in 1998 by Sepou which was (20-29 years) with an average age of 26.8 years (Sépou, 2003). Our average age was similar to that one found by Traore in Mali (28.3 years) (Traore, 2021). Several authors have found an average age close to ours (Gabkika, 2015; Sanogo, 2012; Belley, 2009; Essiene Obono, 2022; Balde, 2014). The older the woman is, the more exposed she is to the occurrence of various pathologies that can cause tubal issues leading to EP. However, some authors show that EP concerns increasingly younger patients (Sépou, 2003; Cissé, 2002).

Education determines the population's understanding, especially for the adoption of preventive measures in the field of health. Knowledge of STIs and other risk factors for the occurrence of EP is very important for prevention. Some jobs cause the occurrence of EP, including some women, particularly unemployed and prostitutes with many partners who develop STIs, and unwanted pregnancies leading to voluntary terminations of pregnancies. Most of the women surveyed have reached secondary school level. This same observation was found among authors Essiene in Talangai and Dohbit in Bafoussam (Essiebe Obono, 2022; Dohbit, 2010). On the other hand, in Segou, Traore noted in his series that women have a low level of education (40% at the primary level). This is explained by the fact that the city of Segou

is located in a rural area where access to the school is rare (Traore, 2022). Our study was carried out in Bangui in an urban area in a reference health structure. Our study was carried out in Bangui in an urban area in a reference health structure. In terms of profession, most of the women surveyed were housewives. This precariousness linked to the low income of housewives does not allow them to cover their vital needs, including health. This exposes them to risk factors.

### **Gravidity, Parity and Gynecological History**

According to Mittelmark, parity does not influence the occurrence of ectopic pregnancy (Mittelmark, 2022). In our series, most women had multigravida and multiparous with an average parity of 2.9. This party's average is almost the same as that one found in the same department in 1998 by Sepou and al. We found more nulliparous than the same author, 19.4% versus 12.1% (Sépou, 2004). This explains the high fertility of Central African women (PNDS, 2006-2015). Bangambe in the Democratic Congo found in his series a predominance of multiparous women, even if their proportion (21.8%) is lower than ours (33.0) (Bangambe, 2016). This is explained by the fact that here and in the Democratic Republic of Congo, we note an early onset of sexual intercourse among young girls at the childbearing age. They become multiparous at a young age (Sépou, 2002; Sépou, 2004).

The history makes it possible to highlight the different risk factors for EP and to determine the patient profile. The risk factors found were salpingitis history and voluntary termination of pregnancy. In Libreville, salpingitis was the most common risk factor (25.1%) (Assoumou, 2022). Salpingitis often leaves after-effects, likely to promote the occurrence of EP. Salpingitis often leaves after-effects, likely to promote the occurrence of EP. The most common history found by Sepou and al is gonococcal infection in women with many partners (Sépou, 2003). In developing countries including ours, upper genital infections are the main cause of tubal anomalies which result from STIs or clandestine abortions in poor aseptic conditions (Sépou, 2003; Assoumou, 2022).

### **The management of EP**

The management of GEU depends on the stage at which it has been determined. It must be multidisciplinary, involving a resuscitator anaesthetist, an obstetrician-gynecologist and the entire operating room team. This treatment includes two parts: a medical part (before rupture) and a surgical part (post rupture). Much progress has been made worldwide to improve the management and prognosis of EP. Since the publication of Tanaka in 1982 (Toshinobu Tanaka, 1982), medical treatment of EP with methotrexate has developed and established itself as a possible alternative to surgical treatment

in certain situations (Cassik, 2005). The review of African literature did not report a few cases studied but rather Western data are available. Two patients (1.9%) presented the clinical and paraclinical criteria for medical treatment in our series. These patients have benefited from treatment with Methotrexate for one month.

For the other patients, the management of EP was supervised by pre-, intra- and post-operative medical resuscitation. This resuscitation was based on blood transfusion. In our study, with the aim of restoring the hemodynamic state, 82.5% of pregnant women had benefited from blood transfusion. The others who had a stable hemodynamic state were not transfused. The transfusion rate is higher than the data from Kinshasa (72.3%) and Cotonou (74%) (Bangambe, 2016; Perrin, 1997). On the other hand, it is lower than that of Cisse in Dakar (82%) (Cisse, 2002).

These rates are not the same among authors, resulting in the early diagnosis of EP, the tolerance of anemia in some patients with a hemoglobin level around 7g/dl and the availability of a bank of blood in the different health structures. The treatment of EP is exclusively surgical. It consists of performing a total salpingectomy with wedge resection. Total salpingectomy was the most commonly performed procedure. In 2022 Assoumou in Gabon, performed salpingectomy during the treatment of GEU in 83.3% (Assoumou, 2022). This percentage is close to that carried out during our study. Other authors: Nayama, Randriambololon also found salpingectomy in almost all their studies (Nayama, 2006; Randriambololona, 2012). According to all these studies, we note a preference for radical treatment (salpingectomy), as a rapid and effective treatment given to the urgent case presented by patients.

### **Locations of the ectopic pregnancy**

The location of the tubal rupture depends on the gestational age. This is why, in ampullary pregnancies cases, tubal rupture occurs late between 8 and 12 weeks. In isthmic or interstitial locations it comes out a little more. In our series, most of our ruptured EPs were between 8 and 12 weeks (48.5%) and mainly ampullary (55.4%). Our data are similar to those of Bangambe which were 11 to 12 weeks and mainly ampullary (57.7%) (Fernandez, 2010). On the other hand, Meye in Gabon found an average of 8.4 weeks, a predominantly isthmic location that ruptures earlier (Meye, 2002).

### **Conclusion**

Our study carried out at the Community University Hospital showed that ectopic pregnancy is increasing in our country. This pathology of the 1st trimester of pregnancy affects patients at the childbearing age. The increasingly frequent upper genital infection constitutes the main risk factor. The almost always late diagnosis offers few therapeutic choices. Radical

surgical treatment is cumbersome because it compromises the woman's obstetrical future.

**Declaration for Human Participants :** This study was approved by the Scientific and Ethics Committee of the CHU Communautaire, the Head of the Obstetrics and Gynaecology Department, and the Director of the CHU Communautaire, and the principles of the Helsinki Declaration were followed.

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

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

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

### References:

1. Assoumou OP, Bang NJA, Makoyo KO, Minkobame Z, Ngou Mve Ngou KJ, Minto'o EJ. (2022). Prise en Charge de la Grossesse Extra-Utérine au CHU Mère et Enfant Fondation Jeanne Ebori de Libreville : Health Sci.Dis : (2),129-132.
2. Balde IS, Diallo FB, Conte I, Diallo MH, Sylla I, Diallo BS et al. (2014). Grossesse extra-utérine dans la clinique de gynécologie-obstétrique Ignace-Deen du CHU de Conakry Aspects épidémiologique sociodémographique, thérapeutique et pronostique. Med Santé Trop : 24,297-300.
3. Bamgambe BJ, Kangudia MJ, Mbanzulu PN, Yanga JJ, Monzango G, Kabango R et al. (2016). Profil épidémiologique et prise en charge de la Grossesse extra-utérine à l'Hôpital de l'Amitié Sino-Congolaise de N'djili : KisMed : 7(1) ,255-258.
4. Belley PE, Nana TN, Mboudou E, Doh Sama A. (2009). Identification de certains facteurs cliniques de risque des grossesses extra-utérines à l'hôpital général de Douala : Health Sciences and Disease : 10 (3) ,946.
5. Cassik P, Ofili-Yebovi D, Yazbek J, Lee C, Elson J, Jurkovic D. (2005) Facteurs influençant le succès du traitement conservateur de la grossesse interstitielle. L'échographie en obstétrique et gynécologie : 26 (3) ,279-282.
6. Cisse T, Cheich A, Luc De Bernis, El Hadj OF, Diadhiou F. (2002). Sénégal : Grossesse extra-utérine au Sénégal : Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé : 12 (2) ,271 - 4.
7. Dohbit JS, Foumane P, Kapche MD, Mboudou ET, Doumbe M, Doh AS. (2010). Grossesse extra-utérine à l'Hôpital Régional de

- Bafoussam : Aspect épidémiologiques, cliniques et thérapeutiques. *Clinics in Mother and Child Health* : 7 (1) ,1189-1193.
8. Essiene Obono AM, Anki Y, Niama AC, Mbou Essie D, Voumbo Y, Ndinga H et al. (2022).Facteurs de Risque de la Grossesse Extra-Utérine à l'Hôpital de Référence de Talangaï (Brazzaville) de 2018 à 2019 : *Health Sciences & Disease* : 23(5) ,24.
  9. Fernandez H. (2005).Traité de gynécologie. Paris:Médecine-Sciences Flammarion : 416 - 426.
  10. Fernandez H, Gervaise A. (2010). Grossesse extra-utérine, étiologie, diagnostic, évolution, traitement. *Journal Gynecol Obst Biol Rep* : 39 (3) ,17-24.
  11. Gabkika BM, Abdelsalam S, Ilboudo SRW, Adoum T, Domga K. (2015). Grossesse extra-utérine : Aspects épidémiologiques et Pronostic maternel à l'Hôpital de district de Ndjamena sud (Tchad) : *Kis Med* : 6 (1) ,111-116.
  12. Kenfack B, Noubom M, Bongoe A, Atemkeng TF, Ngonom, Nguefack G et al. (2012). La grossesse extra-utérine dans la région semi-rurale en Afrique : Aspects épidémiologiques, cliniques et thérapeutiques à propos d'une série de 74 cas traités à l'Hôpital de District de Sangmélina au Sud-Cameroun : *The Pan African Medical Journal* : 13,71p.
  13. Kirk E, Bourne T. (2009). Diagnostic of ectopic pregnancy with ultrasound. *Best Pract. Res. Clin.Obstet. Gynaecol*: 23,501-8.
  14. Meye JF, Sima-Ole B, Kendjo E, Engongah-Beka T. (2002). Aspects actuels de la grossesse extra-utérine à Libreville (Gabon):A propos de 153 cas.*Cahier de Santé* : 12,405-8.
  15. Mittelmark RA. (2022). Evaluation de la patiente obstétricale.MD University School of Medecine : 38(2) ,210p.
  16. Nayama N, Gallais A, Ousmane N, Idi N, Tahirou A, Garba M et al. (2006) .Prise en charge de la grossesse extra-utérine dans les pays en voie de développement : exemple d'une maternité de référence au Niger : *Gynécologie Obstétrique et Fertilité* : 34,14-18.
  17. Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture. (2006-2015). Plan National de développement Sanitaire : 78p.
  18. Perrin R, Boco V, Bilongo B, Akpovi J, Alihonou E. (1997). Prise en charge de la grossesse extra-utérine à la clinique universitaire de gynécologie et d'obstétrique de Cotonou (Bénin) : *Cahiers d'études et de recherches francophones /Santé* : 7(3) ,15p.
  19. Randriambololona DMA, Anjaharisoaniaina NT, Harioly MOJ, Rekoronirina EB, Randriambelomanana JA, Andrianampanalinarivo RH. (2012) Prise en charge de la grossesse extra-utérine à l'Hôpital Universitaire de Gynécologie et Obstétrique de Befelatanana

- Antananarivo Madagascar : Revue d'Anesthésie-Réanimation et de médecine d'Urgence : 4(1) ,16-19.
20. Sanogo BD. (2012). Aspects épidémiologiques et anatomopathologiques de la grossesse extra-utérine au Centre de santé de référence de la commune VI du district de Bamako. (Thèse de doctorat, Université de Bamako 2012) : FMPOS, 178p.
  21. Sepou A, Yanza MC, Domande-Modanga Z, Nguembi E. (2002). Paramètre sexuels chez les femmes centrafricaines. Médecine d'Afrique Noire : (2), 89 - 93.
  22. Sepou A, Yanza MC , Goddot M , Ngbale R , Kouabosso A , Penguele A , Nali MN. (2003).A propos de 116 cas de grossesses extra-utérines observées à Bangui (Centrafrique) : Cahiers d'études et de recherches francophones /Santé : 13 (1) ,29-30.
  23. Sepou A, Nguembi E, Yanza MC, Ngbale R, Nali M. (2004). Comportement sexuel des étudiants de l'Université de Bangui (Centrafrique) : Med Trop : 64,163-167.
  24. Toshinobu Tanaka MD, Hiroshi Hayashi MD, Takeshi Kutsuzawa MD, Seiichiro Fujimoto MD, Kihyoe Ichinoe MD. (1982). Treatment of interstitial ectopic pregnancy with methotrexate : report of a successful case. Fertility and Sterility : 37(6) ,851-852.
  25. Traore S, Sylla M, Samake A, Cissouma A, Toure O, Cisse A et al. (2021). Aspects épidémiologiques, cliniques, anatomopathologiques et thérapeutiques à l'hôpital de Sikasso : Jaccr Africa : 5(3) ,410-415.
  26. Traore T, Dao SZ, Traore S, Diarra R, Sidibe A, Sidibe K et al. (2022) .Aspects épidémiologiques, cliniques et anatomopathologiques de la Grossesse Extra-utérine à Ségou (Mali) : Health Sci. Dis : 24 (8) ,71-76.

## Plantes à potentialité antihypertensive de la sous-préfecture de Lakota (Région de Lôh-Djiboua, Côte d'Ivoire)

*Bene Kouadio  
Kadjo Aka Fernand  
Ahipo Akadji Edward*

Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,  
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

*Kone Mamidou Witabouna*

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, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p46](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p46)

Submitted: 11 September 2024

Accepted: 03 December 2024

Published: 31 December 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

### *Cite As:*

Bene K., Kadjo A.F., Ahipo A.E. & Kone M.W. (2024). *Plantes à potentialité antihypertensive de la sous-préfecture de Lakota (Région de Lôh-Djiboua, Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 46. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p46>

### Résumé

L'hypertension artérielle (HTA) constitue un véritable problème de santé publique dans le monde. Cette étude avait pour objectif d'identifier les plantes à potentialité antihypertensive. Une enquête ethno-médicinale a été menée dans la sous-préfecture de Lakota, 10 villages ont été visités, 75 praticiens de médecine traditionnelle ont été interrogés lors d'un entretien semi-structuré, sans distinction d'âge, de sexe et de niveau de scolarisation. Cette étude a montré que 41 espèces appartenant à 24 familles, sont utilisées par la population pour lutter contre l'hypertension artérielle. La famille des Fabaceae (20 %) a été la plus représentée. Les feuilles (53,66%) ont été les organes les plus utilisés. Le mode de préparation, souvent utilisé dans la formulation des remèdes thérapeutiques est la décoction (79%). La boisson est le mode d'utilisation le plus recommandé par les praticiens et les préparations sont principalement administrées par voie orale. *Gmelina arborea* (Verbenaceae) a été la plante la plus citée par les praticiens. Ce travail, en plus de la sauvegarde du savoir traditionnel, pourrait être le support d'une

recherche en pharmacologie et en toxicologie en vue de formuler un Médicament Traditionnel Amélioré contre l'HTA.

---

**Mots-clés:** Côte d'Ivoire, hypertension artérielle, Lakota, plantes médicinales

---

## **Antihypertensive potential plants from the sub-prefecture of Lakota (Lôh-Djiboua region, Côte d'Ivoire)**

*Bene Kouadio*

*Kadjo Aka Fernand*

*Ahipo Akadji Edward*

Unité de Formation et de Recherche Sciences de la Nature,  
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

*Kone Mamidou Witabouna*

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, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

Arterial hypertension (AH) is a major public health problem worldwide. The aim of this study was to identify plants with antihypertensive potential. An ethno-medicinal survey was carried out in the sub-prefecture of Lakota. 10 villages were visited, and 75 practitioners of traditional medicine were interviewed in a semi-structured interview, regardless of age, sex, or level of education. The study showed that 41 species belonging to 24 families are used by the population to combat high blood pressure. The Fabaceae family (20%) was the most represented. Leaves (53.66%) were the most commonly used organs. The method of preparation often used in the formulation of therapeutic remedies is decoction (79%). Drinking is the mode of use most recommended by practitioners and preparations are mainly administered orally. *Gmelina arborea* (Verbenaceae) was the plant most cited by practitioners. In addition to safeguarding traditional knowledge, this work could support research into pharmacology and toxicology with a view to formulating an improved traditional medicine for treating hypertension.

---

**Keywords:** Côte d'Ivoire, arterial hypertension, Lakota, medicinal plants

## Introduction

L'hypertension artérielle (HTA) représente un problème mondial de santé publique. Elle contribue à la charge de morbidité par les maladies cardiaques, les accidents vasculaires cérébraux et l'insuffisance rénale (OMS, 2023). De nombreux traitements par des molécules de synthèse sont actuellement proposés pour pallier à ces troubles, mais leur capacité à provoquer des effets secondaires indésirables redonne un nouvel élan aux substances naturelles (Nga *et al*, 2024). Par ailleurs, le coût élevé des prestations de santé et des médicaments ainsi que les facteurs socio-économiques entraînent une grande partie de la population à utiliser les plantes médicinales pour se soigner (Sanogo, 2014). La Côte d'Ivoire, réputée pour sa richesse végétale, abrite une multitude de plantes aux propriétés médicinales potentielles, transmises de génération en génération à travers les savoirs traditionnels. Parmi ces plantes, *Catharanthus roseus* (L.) G. Don, *Ageratum conyzoides* L, *Adansonia digitata* L, *Phyllanthus urinaria* L, etc. sont utilisées dans le traitement de l'hypertension artérielle en Côte d'Ivoire (Kouakou *et al*, 2020). Les plantes médicinales constituent le moyen le plus utilisé surtout en milieu rural pour résoudre les problèmes de santé primaire (Dro *et al.*, 2013). Elles sont des ressources précieuses pour la grande majorité des populations rurales en Afrique, où plus de 80% s'en servent pour assurer leurs soins de santé primaire (Kadjo, 2023). Cette large utilisation justifie l'intérêt de la recherche dans le domaine du savoir local (Kadjo *et al*, 2023). Cette étude a été menée afin d'identifier les plantes à potentialité antihypertensive utilisées dans la sous-préfecture de Lakota par une enquête ethnobotanique.

## Matériel et méthodes Présentation de la zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la région de Loh-Djiboua et plus précisément dans la sous-préfecture de Lakota qui couvre une superficie de 2780 km<sup>2</sup>. Elle est comprise entre 5°50'59'' de latitude Nord, et entre 5°41'01'' de longitude Ouest. Le Département de Lakota connaît deux types de saison, une sèche (novembre à mars) et une pluvieuse (avril à octobre). La végétation du département de Lakota est une végétation qui est de type forêt mésophile désignée couramment sous le nom de forêt dense semi décidue (Ahipo, 2023), abritant une diversité d'espèces végétales médicinales. La langue locale couramment parlée est le Dida. La sous-préfecture de Lakota compte 16 villages. Dans cette étude, dix villages ont été visités. La figure 1 montre les différentes localités visitées dans ce travail.

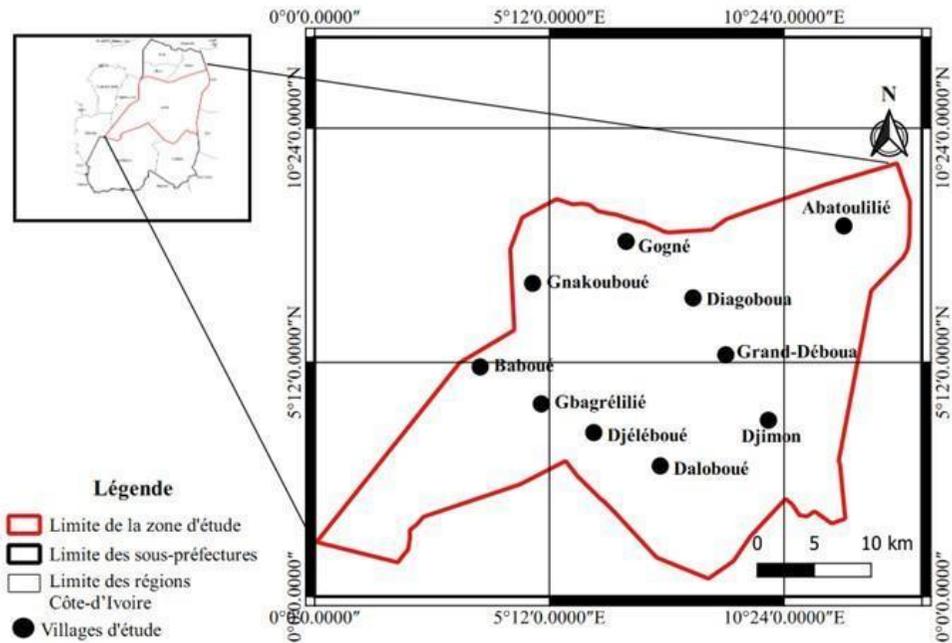


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

## Enquête ethnobotanique

L'étude s'est déroulée de Décembre 2023 à Mai 2024, suivant deux (02) étapes. La première a consisté à un entretien semi-structuré à l'aide d'un questionnaire auprès des sachants Dida consentants rencontrés lors d'une approche de porte à porte. Cette approche a permis d'obtenir des informations sur le profil des enquêtés et de répertorier le nom des plantes ainsi que la partie utilisée et les modes de préparation.

La deuxième étape a consisté à marcher en compagnie d'un sachant clé ou d'un guide dans les formations végétales avoisinantes afin de faire connaître les plantes, leurs noms en Dida, leurs usages, etc. Cette méthode permet de confirmer les plantes dont les noms ont été indiqués dans l'entretien semi-structuré lors du porte-à-porte (Houehanou *et al.*, 2016). Des échantillons d'herbier ont été confectionnés et déposés au Laboratoire de Botanique et Valorisation de la Diversité Végétale de l'Université Nangui Abrogoua pour identification et confirmation des noms scientifiques. Les enquêtes ont été réalisées dans le respect des droits fondamentaux des enquêtés, conformément aux recommandations du code de déontologie en ethnobiologie (ISE, 2006).

## Analyse des données recueillies

Dans cette investigation, deux paramètres ont été utilisés pour évaluer l'importance culturelle des plantes utilisées contre l'hypertension artérielle. Il

s'agit de la fréquence de citation et l'indice de Smith. La fréquence de citation (FC) traduit la régularité des informations et est donnée par la formule (1) suivante développée par Schrauf et Sanchez (2008) :

$$FC = \frac{N_i \times 100}{N} \quad FC = \frac{N_i \times 100}{N} \quad (1)$$

FC : est la fréquence de citation de l'espèce,  $N_i$  : le nombre de personne(s) ayant mentionné l'item et  $N$  : le nombre total d'informateurs.

Selon la valeur de la FC, les espèces peuvent être classées en trois catégories (Dossou *et al.*, 2012) :

- $50 \% \leq FC \leq 100 \%$  : espèce bien connue,
- $25 \% \leq FC \leq 50 \%$  : espèce moyennement connue,
- $0 \% \leq FC \leq 25 \%$  : espèce peu connue.

L'indice de Smith montre l'importance relative d'une plante pour les informateurs. Il est déterminé à l'aide de la formule 2 (Smith et Borgatti, 1998) :

$$S_a = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{Li - Ra + 1}{Li}}{N} \quad S_a = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{Li - Ra + 1}{Li}}{N} \quad (2)$$

$S_a$  : Indice de Smith,  $Li$  : la longueur d'une, liste de citation,  $Ra$  : rang d'une citation dans la liste et  $N$  : nombre total de répondants (nombre de listes).

L'indice de Smith varie entre 0 et 1. Une valeur proche de 1 montre que la plante est importante pour les enquêtés.

## Résultats

### Profil des enquêtés

L'enquête a permis d'interroger 75 informateurs dont, 50 hommes (67%) et 25 femmes (33%). L'âge des praticiens varie entre 25 et 80 ans avec une prédominance de la tranche d'âge de [60-80]. La classe d'âge de [60-80] représente celle qui a plus de connaissance sur les plantes utilisées dans le traitement de l'hypertension artérielle. La majorité des participants étaient des praticiens de médecine traditionnelle et des herboristes locaux, ayant une expérience moyenne de 20 ans. Les personnes scolarisées au nombre de 40 sont les plus représentées. Le mode d'acquisition des connaissances se fait par héritage (46,67%), par révélation (22,67%) et par apprentissage (30,66%). Le tableau I résume les données du profil sociodémographique des enquêtés.

**Tableau I : Donnés sociodémographiques des sachants**

Variables	Catégorie	Nombre de Personnes	Pourcentage (%)
<b>Genre</b>	Masculin	50	67
	Féminin	25	33
<b>Classe d'âge</b>	[20-40]	15	20
	[40-60]	25	33,33
	[60-80]	35	46,67
<b>Profession</b>	Planteur	13	17,33
	Guérisseur	37	49,33
	Herboriste	25	33,34
<b>Niveau d'étude</b>	Non scolarisé	30	40
	Primaire	22	29,33
	Secondaire	15	20
	Universitaire	08	10,67
<b>Mode d'acquisition</b>	Héritage	35	46,67
	Révélation	23	30,66
	Apprentissage	17	22,67

### Perception des populations sur l'hypertension artérielle

La perception des populations concernant l'hypertension artérielle a été évaluée sur la base de la connaissance des sachants enquêtés. Ces sachants se basent sur les symptômes tels que les maux de tête intenses, le vertige, les difficultés à respirer (dyspnée), la nausée et la vision floue pour définir l'hypertension artérielle (Tableau II). Ces symptômes ont été confirmés par un médecin spécialiste en cardiologie de la sous-préfecture de Lakota. Le nom local (Dida) de l'hypertension artérielle est *Yokolé-zoziézou*

**Tableau II : Symptômes de l'hypertension artérielle mentionnés par les sachants**

Noms des symptômes	Noms en Dida
<b>Maux de tête</b>	<i>Woubéh gbetenou</i>
<b>Vertige</b>	<i>Yokolé pléli</i>
<b>Dyspnée</b>	<i>Gnonhon lohonkô</i>
<b>Nausée</b>	<i>Gôssédéli</i>
<b>Vision floue</b>	<i>Yokolé koho pouhou</i>

### Plantes médicinales utilisées dans le traitement de l'hypertension artérielle

Cette enquête a permis de recenser 41 plantes médicinales utilisées contre l'hypertension artérielle. Elles se répartissent en 41 genres et 24 familles (Tableau III). Les familles ayant la plus grande diversité sont les Fabaceae avec 5 espèces soit 20,83 %, suivies des Anacardiaceae avec 4 espèces soit 16,67 %, les Euphorbiaceae et les Verbenaceae avec chacune 3 espèces soit 12,5%, les Malvaceae, les Myrtaceae et les Phyllanthaceae avec chacune deux (02) espèces soit 8,33%. Toutes les autres familles sont représentées par une seule espèce (Figure 2).

**Tableau II : Plantes médicinales utilisées dans le traitement de l'hypertension artérielle**

Noms scientifiques	Familles	NL	PU	MP	VA
<i>Abrus precatorius</i> L.	Fabaceae	<i>Gnoudjroumenion</i>	Feuilles	Infusion	Orale
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Asteraceae	<i>Boutoupôpo</i>	Ram. Feuillés	Décoction	Orale
<i>Alchornea cordifolia</i> (Schumach. & Thonn.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	<i>Djeka</i>	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Allium sativum</i> L.	Liliaceae	<i>Ail</i>	Bulbe	Décoction	Orale
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	<i>Anacarde sou</i>	Ec. Tiges	Macération	Orale
<i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae	<i>Corosolsou</i>	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Azadirachta indica</i> A. Jus.	Meliaceae	-	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J.C.Wendl	Poaceae	<i>Gagboyè</i>	Ram. Feuillés	Décoction	Orale
<i>Bussea occidentalis</i> Hutch	Fabaceae	-	Ec. Tige	Décoction	Orale
<i>Breynia disticha</i> (J.R.Forst. & G.Forst.)	Phyllanthaceae	<i>Fleur gbamai</i>	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Catharanthus roseus</i> A. Bihaki	Apocynaceae	-	Feuilles racines	Décoction	Orale
<i>Citrus limon</i> L.	Rutaceae	<i>Kpobiessou</i>	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Cola nitida</i> (Vent). Schott & Endl.	Malvaceae	<i>Gossou</i>	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Crescentia cujete</i> L.	Bignoniaceae	<i>Kogbou</i>	Feuilles fruits	Décoction	Orale
<i>Ficus exasperata</i> Vaht.	Moraceae	<i>Nenhoyè</i>	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Garcinia kola</i> Heckel	Clusiaceae	<i>Petit cola</i>	Fruit (graine)	Mastication	Orale
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm.	Verbenaceae	-	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Heliotropium indica</i> L.	Boraginaceae	<i>Tapèlénoukchi</i>	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Hellenia speciosa</i> (J. Koennig)	Costaceae	<i>Dodogbomlo</i>	Plante entière	Broyage	Anale
<i>Lanmea acida</i> L.	Anacardiaceae	-	Ec. Tige	Macération	Orale
<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae	<i>Mokolou djè</i>	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Lippia multiflora</i> L.	Verbenaceae	-	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Mallotus philipensis</i>	Euphorbiaceae	-	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	<i>Mangossou</i>	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Mareya micrantha</i> (Benth.) Mull. Arg.	Euphorbiaceae	-	Feuilles	Décoction	Anale
<i>Morinda lucida</i> Benth.	Rubiaceae	-	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Ocimum gratissimum</i> L.	Lamiaceae	<i>Mokolou</i>	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Parquetina nigrescens</i> (Afzel)	Lauraceae	<i>Wlokpa</i>	Feuilles	Broyage	Oculaire
<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	<i>Avoca sou</i>	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Phyllanthus amarus</i> Schumach. & Thonn	Phyllanthaceae	-	Ram feuillés	Décoction	Orale
<i>Platyterium bifurcatum</i>	Polypodiaceae	<i>Bibikofa</i>	Plante entière	Broyage	Anale
<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	<i>Goyave sou</i>	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Pycnanthus angolensis</i> L.	Myristicaceae	<i>Kovo</i>	Ec. Tige	Décoction	Orale

Noms scientifiques	Familles	NL	PU	MP	VA
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb	Fabaceae	Ziblogbo	Feuilles	Décoction	Orale
<i>Senna occidentalis</i> (L) Link	Fabaceae	Gbétougè	Feuilles, graines	Décoction	Orale
<i>Sida acuta</i> Burn. F	Malvaceae	Wèyèlea	Plante entière	Décoction	Orale
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	Tétrèssou	Ecorce- tronc	Décoction	Orale
<i>Syzygium buxifolium</i> (Hock & Am)	Myrtaceae	Clou de girofle	Fleurs	Infusion	Orale
<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schumach. & Thonn)	Fabaceae	Kou sèkè sèkè	Fruits	Décoction	Orale
<i>Theobroma cacao</i> L.	Malvaceae	Cacao sou	Fruits	Mastication	Orale
<i>Trema orientalis</i> (L). Blume	Cannabaceae	Gbanéhyè	Feuilles	Décoction	Orale

NL : Nom local, PU : Partie utilisée, MP : Mode de préparation ; VA : Voie d'administration, Ec. : Ecorces, Ram : Rameaux

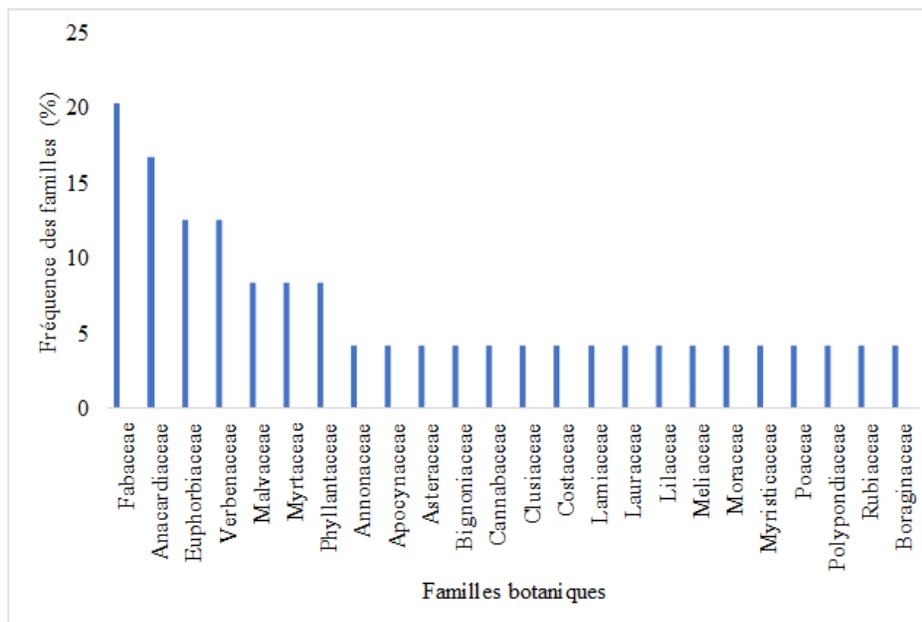


Figure 2 : Histogramme des familles en fonction des proportions d'espèces

### Pratiques liées à l'usage des plantes contre l'hypertension artérielle

Les feuilles sont les parties les plus utilisées avec 53,66% suivies des fruits et les écorces de tige avec 12,2% pour chaque type. Les rameaux feuillés et la plante entière sont utilisés à 7,32%. Les autres parties (les bulbes, les racines et les fleurs) ne représentent que 2,44% pour chaque partie (Figure 3). La figure 4 montre que les recettes médicamenteuses sont des recettes monospécifiques (93 %) et plurispécifiques (7 %). Pour la préparation des recettes, différents modes sont utilisés : la décoction (78 %), le broyage (7 %) sont les modes les plus utilisés. L'infusion, la macération et la mastication font chacune 5 %. Le mode de préparation le plus utilisé est la décoction (Figure 5). Les formes médicamenteuses sont prises ou administrées 2 fois / jour soit matin et soir. La boisson (90 %) est le mode d'utilisation le plus fréquent, il est suivi de la purgation (7 %) et de l'instillation oculaire (3 %). La voie d'administration la plus utilisée est la voie orale (Figure 6).

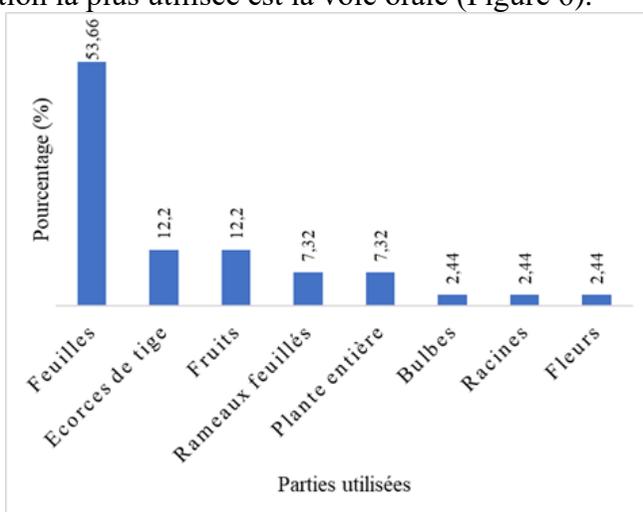


Figure 3 : Histogramme de parties des plantes utilisées dans la préparation des recettes traditionnelles

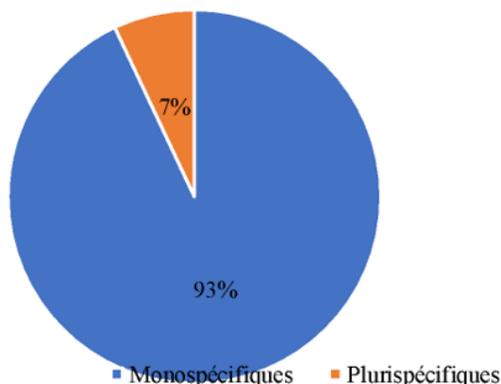
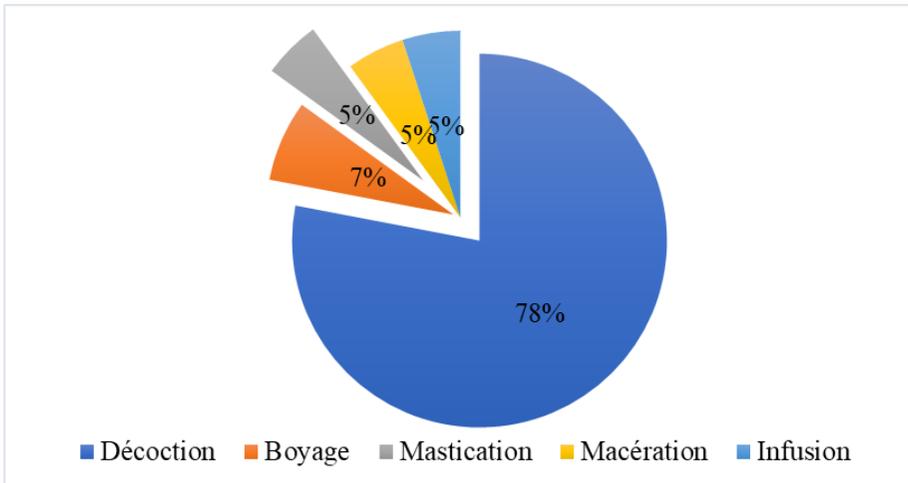
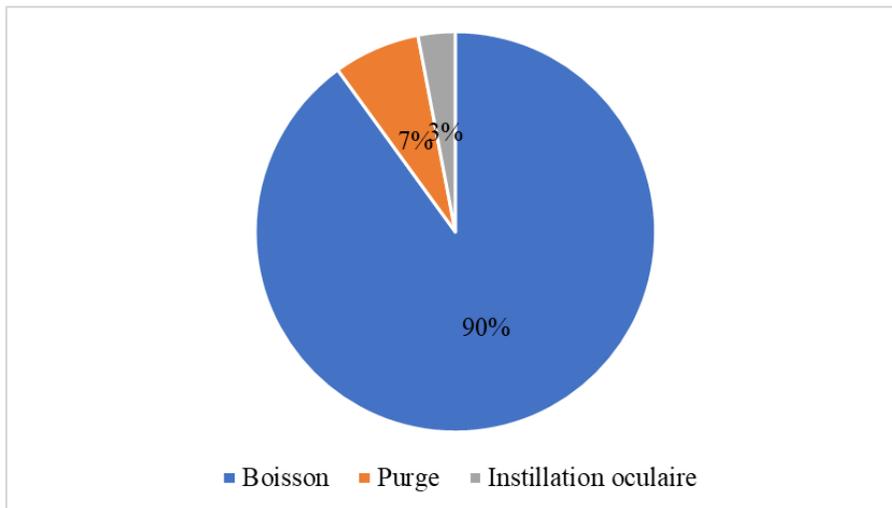


Figure 4 : Spectre des associations, adjuvants ou ingrédients dans les recettes médicamenteuses traditionnelles



**Figure 5 :** Spectre des différents modes de préparation des recettes traditionnelles



**Figure 6 :** Spectre du mode d'utilisation des recettes traditionnelles

### **Evaluation de l'importance culturelle des plantes médicinales dans la sous-préfecture de Lakota**

Les espèces végétales les plus citées sont *Gmelina arborea* avec la fréquence de citation la plus élevée (FC=12 %), suivie de *Mangifera indica*, *Bambusa vulgaris*, *Tetrapleura tetraptera*, *Persea americana*, *Annona muricata*, *Lantana camara*, *Allum sativum*, *Bussea occidentalis* et *Alchornea cordifolia* (Fc = 4 %).

Les valeurs obtenues par l'indice de Smith de *Gmelina arborea* et *Mangifera indica* sont respectivement 0,080 et 0,036 et corrélées à la fréquence de citation des espèces (Tableau III).

**Tableau III : Fréquence de citation et indice de Smith des plantes médicinales utilisées contre l'hypertension artérielle**

<b>Noms scientifiques</b>	<b>Fréquence de citation (%)</b>	<b>Indice de Smith</b>
<i>Gmelina arborea</i>	12,00	0,080
<i>Mangifera indica</i>	4,00	0,036
<i>Bambusa vulgaris</i>	4,00	0,033
<i>Tetrapleura tetraptera</i>	4,00	0,033
<i>Persea americana</i>	4,00	0,040
<i>Annona muricata</i>	4,00	0,033
<i>Lantana camara</i>	4,00	0,033
<i>Allium sativum</i>	4,00	0,027
<i>Bussea occidentalis</i>	4,00	0,033
<i>Alchornea cordifolia</i>	4,00	0,040
<i>Breynia disticha</i>	2,67	0,018
<i>Heliotropium indica</i>	2,67	0,020
<i>Citrus limon</i>	2,67	0,027
<i>Crescentia cujete</i>	2,67	0,027
<i>Sida acuta</i>	2,67	0,027
<i>Ocimum gratissimum</i>	2,67	0,027
<i>Hellenia speciosa</i>	2,67	0,027
<i>Parquetina nigrescens</i>	2,67	0,027
<i>Syzygium sp</i>	2,67	0,020
<i>Lannea acida</i>	2,67	0,020
<i>Trema orientalis</i>	2,67	0,027
<i>Azadirachta indica</i>	2,67	0,020
<i>Abrus precatorius</i>	2,67	0,027
<i>Senna occidentalis</i>	2,67	0,027
<i>Garcinia kola</i>	2,67	0,027
<i>Ageratum conyzoides</i>	2,67	0,027
<i>Cola nitida</i>	2,67	0,020
<i>Theobroma cacao</i>	2,67	0,020
<i>Mareya micrantha</i>	2,67	0,027
<i>Phyllanthus amarus</i>	2,67	0,027
<i>Platyceium bifurcatum</i>	1,33	0,013
<i>Senna alata</i>	1,33	0,013
<i>Ficus exasperata</i>	1,33	0,013
<i>Platicerium bifurcatum</i>	1,33	0,013
<i>Spondias mombin</i>	1,33	0,013
<i>Allium sativum</i>	1,33	0,013
<i>Lippia multiflora</i>	1,33	0,013
<i>Pycnanthus angolensis</i>	1,33	0,013
<i>Mangifera indica</i>	1,33	0,013
<i>Anacardium occidentale</i>	1,33	0,013
<i>Catharanthus roseus</i>	1,33	0,013
<i>Morinda lucida</i>	1,33	0,013
<i>Psidium guayava</i>	1,33	0,013
<i>Garcinia kola</i>	1,33	0,013
<i>Morinda lucida</i>	1,33	0,013
<i>Lippia multiflora</i>	1,33	0,007
<i>Catharanthus roseus</i>	1,33	0,013
<i>Psidium guayava</i>	1,33	0,013
<i>Spondias mombins</i>	1,33	0,013
<i>Heliotropium indicum</i>	1,33	0,013

## Discussion

La recherche sur les plantes à potentialité antihypertensive dans la sous-préfecture de Lakota a permis d'obtenir une connaissance et une compréhension bien définie de l'usage de certaines plantes médicinales utilisées contre l'hypertension artérielle. En effet, l'hypertension artérielle (HTA) est une maladie du système cardiovasculaire qui a atteint des proportions inquiétantes dans le monde (Boua *et al.*, 2013). Les résultats ont montré que la majorité des tradipraticiens enquêtés était des hommes avec une tranche d'âge supérieur à 60 ans. Ce constat est dû à l'incapacité des femmes à pouvoir se rendre en forêt pour la récolte des échantillons, bien que détentrice du même savoir traditionnel. Ce pourcentage se justifierait par la connaissance des usages des plantes qui est généralement acquise suite à une longue période d'expériences accumulées et transmises d'une génération à l'autre (Béné *et al.*, 2016).

Cette étude a permis de répertorier 41 espèces végétales appartenant à 41 genres et 24 familles. La famille la plus représentée est celle des Fabaceae. Des études sur diverses espèces des Fabaceae ont révélé la présence des phytocomposés tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins, les saponosides, etc. doués d'une activité antihypertensive (Lawson, 2006 ; Morel, 2011 ; Kaliche et Djemoui, 2014 ; Lebri, 2015). En effet, selon Balasuriya et Rupasinghe (2012) ont montré dans leurs études que les polyphénols et les flavonoïdes possèdent une activité antihypertensive. Wangny *et al.*, (2019) ont révélé que l'effet hypotenseur proviendrait des groupes chimiques tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les polyphénols, les stérols et les polyterpènes et les saponosides. En outre, la classification phyllogénétique a regroupé plusieurs familles en une dont celle des Fabaceae qui est constituée de trois sous-familles (les Caesalpinioideae, les Mimosoideae et les Faboideae ou Papilionoideae), toutes de l'ordre des Fabales (APG IV, 2016). Ce regroupement pourrait également justifier la prédominance de la famille des Fabaceae dans cette étude effectuée dans la sous-préfecture de Lakota.

L'utilisation accrue des feuilles dans les différentes formulations pourrait s'expliquer par le fait que les feuilles sont faciles à récolter. De plus, leurs prélèvements sont moins dangereux pour la survie des plantes par rapport aux racines et écorces qui menacent la vie de la plante (Nabede *et al.*, 2018). La décoction est le mode de préparation le plus utilisé. Ce résultat se justifierait par le fait que la décoction permet de recueillir le plus de principes actifs et atténue ou annule l'effet toxique de certaines drogues végétales (Sylla *et al.*, 2018).

L'analyse des fréquences de citation et l'indice de Smith des plantes a montré que *Gmelina arborea* est l'espèce la plus citée et la plus importante pour les enquêtés dans le traitement de l'hypertension artérielle. Cependant, la plupart des autres espèces recensées semblent être plus ou moins connues eu

égard à leur fréquence de citation. Les résultats obtenus montrent que *Gmelina arborea* est largement utilisée en médecine traditionnelle pour gérer l'hypertension artérielle (HTA). Cette remarque pourrait se justifier par la présence des composés bioactifs et des minéraux contenus dans la plante (Ahipo, 2024). En revanche, l'absence de standardisation des dosages et des modes de préparation pose un défi majeur. La variabilité dans la concentration des principes actifs peut affecter l'efficacité et la sécurité des traitements. Par conséquent, il est essentiel de développer des protocoles standardisés pour la préparation et l'administration de ces remèdes, afin de maximiser leurs bienfaits thérapeutiques tout en minimisant les risques d'effets secondaires.

## Conclusion

La présente étude a porté sur les plantes à potentialités antihypertensives dans la sous-préfecture de Lakota. L'étude a montré que l'âge des informateurs varie entre 25 et 80 ans avec une prédominance de la tranche d'âge de [60-80[. Les classes d'âge comprises entre [41-60] et [61-80[ représentent les informateurs qui ont plus de connaissances sur les plantes utilisées contre l'hypertension. Le mode d'acquisition des connaissances se fait principalement par héritage. 41 plantes médicinales utilisées contre l'hypertension artérielle ont été répertoriées. Les feuilles sont les parties les plus utilisées dans les recettes médicamenteuses, le mode de préparation le plus employé est la décoction et la principale voie d'administration est la voie orale.

Quant à l'évaluation de l'importance culturelle des ressources dans lesdites communautés, les résultats ont montré que *Gmelina arborea* a été la plante médicinale la plus citée par les informateurs dans le traitement de l'hypertension artérielle.

Au regard de la richesse floristique de la Côte d'Ivoire, il serait nécessaire de faire un maillage national des plantes antihypertensives. En collaboration avec les biochimistes faire la corrélation entre période de collecte et les concentration phytochimique des substances utiles des espèces majoritaires.

**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. APG IV. (2016). Classification for the orders and families for flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean society*, 161 : 1-20.
2. AHIPO A E. (2024). Plantes à potentialité antihypertensive dans la sous-préfecture de Lakota (Côte d'Ivoire) : enquête ethnométricinale et investigations phytochimiques. Mémoire de Master Botanique et Phytothérapie. Faculté des Sciences de la Nature, Abidjan. 65p
3. Balasuriya N., Rupasinghe H.P.V., 2012. Antihypertensive properties of flavonoid-rich apple peel extract, *Food Chemistry* 135 : 2320–2325
4. Béné K., Camara D., Fofié N'G.B.Y., Kanga Y., Yapi A.B., Yapo Y.C., Ambé S.A. & Zirihi G.N. (2016). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le Département de Transua, District du Zanzan (Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Science*, 27(2) : 4230-4250.
5. Boua B.B., Kouassi K.C., Mamyrbékova B. J.A., Kouamé B.A. & Békro Y.A. (2013). Études chimique et pharmacologique de deux plantes utilisées dans le traitement traditionnel de l'hypertension artérielle à Assoumoukro (Côte D'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 97(3) : 448-462.
6. Dossou M. E., Houessou G.L., Loughbénon O.T., Tenté A.H.B. & Codjia J.T.C. (2012). Etude ethnobotanique des ressources forestières ligneuses de la forêt marécageuse d'Agonvè et terroirs connexes au Bénin ; *ACADEMIA Journal*, 30 : 41-48.
7. Dro B., Soro D., Koné M.W., Bakayoko A. & Kamanzi K. (2013). Evaluation de l'abondance de plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle dans le Nord de la Côte d'Ivoire. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 17 : 2631-264.
8. Guillaumet J.L. & Adjanohoun E. (1971). Milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Végétation de la Côte d'Ivoire. *ORSTOM*, 50 : 163-391.
9. Houehanou T., Assogbadjo A.E., Chadare F.J., Zanzo S. & Sinsin B. (2016). Approches méthodologiques synthétisées des études d'ethnobotanique quantitative en milieu tropical. *Annales des Sciences Agronomiques*, 20 : 187-205.
10. ISE, (2006). International Society of Ethnobiology Code of Ethics (with 2008 additions). <http://ethnobiology.net/code-of-ethics/> consulté le 01/08/2024.
11. Kadjo A F. (2023). Plantes médicinales et pratiques dermo-cosmétiques traditionnelles utilisées contre les dermatoses chez les Agni de Bongouanou (Région du Moronou, CentreEst de la Côte d'Ivoire). Mémoire de Master Botanique et Phytothérapie. Faculté des Sciences de la Nature, Abidjan, 70p

12. Kadjo A F, BENE K, KOUGBO M D, SEKA J E M, DOGBA M, KOUASSI K G, & MALAN D F. (2023). Perceptions et traitement des dermatoses à l'aide de plantes médicinales chez les Agni de Bongouanou (Centre-Est de la Côte d'Ivoire). *Revue RAMReS*, 22(2) : 61-72
13. Kaliche F.Z., Djemoui F., 2014. Expression phytochimique des plantes (cas Fabaceae) face aux stress écologiques. Licence Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 26p.
14. Kouakou D K R, Piba S C, Yao K, Koné M V, Bakayoko A & Tra Bi F H. (2020). Evaluation des connaissances des populations de la région de n'zi sur l'utilisation des plantes alimentaires dans le traitement du diabète de type 2, de l'hypertension artérielle et de l'obésité (centre-est de la côte d'ivoire). *European Scientific Journal*, 16(15) : 857-7881
15. Lawson A.M., 2006. Etude phytochimique d'une Fabacee tropicale, *Lonchocarpus nicou* : évaluation biologique préliminaire. Thèse de doctorat, Sciences de la Vie et de la Santé, Université de Limoges, France, 184p.
16. Lebri M., Bahi C., Fofie N.B.Y., Gnahoue G, Lagou S.M., Achibat H., Yapi A., Zirih G.N., Coulibaly A, Hafid A. & Khouili M., 2015. Analyse phytochimique et évaluation de la toxicité aiguë par voie orale chez des rats de l'extrait total aqueux des feuilles de *Abrus precatorius* Linn (Fabaceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 9(3) : 1470-1476.
17. Morel S., 2011. Etude phytochimique et évaluation biologique de *Derris ferruginea* Benth. (Fabaceae). Thèse de doctorat, Biochimie, Biologie Moléculaire. Université d'Angers, Angers, France. 267p
18. Nabede K., Atakpama W., Pereki H., Batawila K. & Koffi A. (2018). Plantes à usage dermo-cosmétique de la région de la Kara au Togo. *Revue Agrobiologia*, 8(2) : 1009-1020.
19. Nga N.E, Pouka K.C, Boumsong N.C.P, Dibong D.S, Mpondo E. (2016). Inventaire et caractérisation des plantes médicinales utilisées en thérapeutique dans le département de la Sanaga Maritime : Ndom, Ngambe et Pouma. *Journal of Applied Biosciences*, 10(6) : 1-13
20. OMS. (2023). Premier rapport détaillé sur les conséquences désastreuses de l'hypertension et les moyens d'en venir à bout. 19 septembre 2023 Communiqué de presse New York. <https://www.google.com/search?client=firefox-b>. Consulté le 26/11/2024
21. Sanogo R. (2014). *Pteolopsis suberosa* Engl et Diels (Combretaceae) : une plante à activité antiulcère et anti *Helicobacter pylori*. *Revue Hegel*, 4(2) :148-153.

22. Schrauf R.W. & Sanchez J. (2008). Using freelisting to identify, assess, and characterize age differences in shared cultural domains. *Psychological Sciences and Social Sciences*, 63: 385-393.
23. Smith J.J. & Borgatti S.P. (1998). Salience counts and so does accuracy: Correcting and updating a measure for free-list-item salience. *Journal of Linguistic Anthropology*, 7(2) : 208-209.
24. Sylla Y., Silué D.K., Ouattara K. & Koné M.W. (2018). Etude ethnobotanique des plantes utilisées contre le paludisme par les tradithérapeutes et herboristes dans le district d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological of and Chemical Science*, 12(3) : 1380-1400.
25. Wangny A.A.S., Ouattara T.V., Abrou N'G.E.J., N'guessan K., 2019. Etude Ethnobotanique des Plantes Utilisées en Médecine Traditionnelle dans le Traitement de l'Hypertension Artérielle chez les Peuples du Département de Divo, (Centre-ouest, Côté d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 15(24) : 384-407.

**Comparaison morphométrique des semences de quatre espèces du genre *Adansonia* : cas de *Adansonia digitata* L., *Adansonia grandidieri* Baill., *Adansonia za* Baill. et *Adansonia rubrostipa* Jum. & H. Perrier au Centre National de Recherches Forestières (Sénégal)**

***Mame Arona Thiaw***

Centre National de Recherches Forestières (CNRF), Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Route des Pères Mariste, Parc Forestier de Hann-Dakar, Sénégal

***Maimouna Konte***

Centre National de Recherches Forestières (CNRF), Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Route des Pères Mariste, Parc Forestier de Hann-Dakar, Sénégal

Laboratoire d'Agroforesterie Ecologie et Adaptation (AFECA),  
Département de Biologie Végétale, UFR ST, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, Sénégal

***Tamsir Mbaye***

***Marième Fall Ba***

***Dioumacor Fall***

***Penda Diop***

***Moussa Ndiaye***

***Ababacar Ndiaye***

Centre National de Recherches Forestières (CNRF), Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Route des Pères Mariste, Parc Forestier de Hann-Dakar, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p62](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p62)

---

Submitted: 07 November 2024

Accepted: 22 December 2024

Published: 31 December 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Thiaw M.A., Konte M., Mbaye T., Ba M.F., Fall D., Diop P., Ndiaye M. & Ndiaye A. (2024). *Comparaison morphométrique des semences de quatre espèces du genre Adansonia : cas de Adansonia digitata L., Adansonia grandidieri Baill., Adansonia za Baill. et Adansonia rubrostipa Jum. & H. Perrier au Centre National de Recherches Forestières (Sénégal)*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 62. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p62>

---

## Résumé

Le genre *Adansonia* est composé de huit (8) espèces de baobab qui déclinent drastiquement et de manière continue. Pour pallier cette situation, la recherche a accordé une priorité au rajeunissement des populations qui passe par la maîtrise de la semence. Dans cette étude mener au Centre National de Recherches Forestières du Sénégal, la variabilité morphométrique des semences, faiblement explorée, est adressée. L'étude a pour objectif général de faire une comparaison des paramètres morphométriques des semences de quatre espèces dont trois de provenance malgache (*Adansonia za*, *Adansonia rubrostipa* et *Adansonia grandidieri*) et une locale sénégalaise (*Adansonia digitata*). Spécifiquement, il s'est agi de comparer les masses, longueurs, largeurs et épaisseurs des graines. La caractérisation a été effectuée sur un échantillon de 100 graines de chaque espèce. La masse a été déterminée à l'aide d'une balance de précision tandis que la longueur, la largeur et l'épaisseur ont été déterminées à l'aide d'un pied à coulisse. Les analyses de la variance (ANOVA) ainsi que les modèles généralisés ont été effectués indiquant des différences fortement significatives entre les espèces. Néanmoins, les semences d'*A. digitata* et d'*A. za* montrent des similitudes en masse et longueur, tandis qu'*A. rubrostipa*, *A. za* et *A. digitata* partagent des similarités en épaisseur. *A. grandidieri* possède les moyennes les plus élevées pour toutes les mesures par rapport à *A. digitata*. Des corrélations positives ont été observées entre la masse et les dimensions des graines. Les résultats suggèrent que les semences d'*A. digitata*, plus petites et moins lourdes, reflètent l'adaptation à leurs conditions climatiques mais sont restées plus proches des semences de *A. za*. Pour l'avenir, il serait important d'étudier la germination et la croissance afin d'identifier celles les plus adaptées aux conditions bioclimatiques du Sénégal.

---

**Mots-clés:** Baobab, Semences, Variabilité, Similitudes, Morphométrie

---

**Morphometric comparison of seeds of four species of the genus *Adansonia*: the case of *Adansonia digitata* L., *Adansonia grandidieri* Baill, *Adansonia za* Baill, and *Adansonia rubrostipa* Jum. & H. Perrier at the National Forest Research Centre (Senegal)**

***Mame Arona Thiaw***

Centre National de Recherches Forestières (CNRF), Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Route des Pères Mariste, Parc Forestier de Hann-Dakar, Sénégal

***Maimouna Konte***

Centre National de Recherches Forestières (CNRF), Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Route des Pères Mariste, Parc Forestier de Hann-Dakar, Sénégal

Laboratoire d'Agroforesterie Ecologie et Adaptation (AFECA),  
Département de Biologie Végétale, UFR ST, Université Cheikh Anta DIOP  
de Dakar, Sénégal

***Tamsir Mbaye***

***Marième Fall Ba***

***Dioumacor Fall***

***Penda Diop***

***Moussa Ndiaye***

***Ababacar Ndiaye***

Centre National de Recherches Forestières (CNRF), Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), Route des Pères Mariste, Parc Forestier de Hann-Dakar, Sénégal

---

**Abstract**

The genus *Adansonia* is made up of eight (8) species of baobab which are in drastic and continuous decline. To remedy this situation, research has prioritised the rejuvenation of populations through seed control. In this study, the morphometric variability of seeds, which has been little explored, is addressed. The general aim of the study is to compare the morphometric parameters of the seeds of four species, three of which are from Madagascar (*Adansonia za*, *Adansonia rubrostipa*, and *Adansonia grandidieri*) and one from Senegal (*Adansonia digitata*). Specifically, the masses, lengths, widths, and thicknesses of the seeds were compared. Characterization was carried out on a sample of 100 seeds of each species. Mass was determined using a precision balance, while length, width, and thickness were determined using a caliper. Analysis of variance (ANOVA) and generalized linear models (GLM)

were performed indicating highly significant differences between species. Nevertheless, the seeds of *A. digitata* and *A. za* show similarities in mass and length, while *A. rubrostipa*, *A. za*, and *A. digitata* share similarities in thickness. *A. grandidieri* has the highest means for all measurements compared to *A. digitata*. Positive correlations were observed between seed mass and dimensions. The results suggest that the smaller and lighter seeds of *A. digitata* reflect adaptation to their climatic conditions but remain closer to the seeds of *A. za*. In the future, it would be important to study germination and growth to identify those best adapted to the bioclimatic conditions of Senegal.

---

**Keywords:** Baobab, Seeds, Variability, Similarities, Morphometric

## Introduction

Les produits forestiers jouent un rôle important dans la vie socio-économique et culturelle en Afrique. Parmi ces derniers, il y a ceux du baobab, l'une des espèces ligneuses à usages multiples les plus importantes au Sénégal, grâce à son caractère nourricier (Ndour & Gaye, 1995). Arbre sacré, le baobab est l'un des arbres les plus utiles du Sahel, ce qui lui vaut traditionnellement la protection et la vénération de la population (Davo et al., 2021). Il est susceptible d'usages multiples et diversifiés sans compter son caractère sacré et les nombreuses croyances associées (Savard, 2003); (Davo et al., 2021). Pour Sidibe et al. (1994), aucune plante n'est aussi bénéfique que le baobab en Afrique de l'Ouest (Sidibe et al., 1994). Il existe huit (8) espèces de baobab dont une (1) originaire d'Afrique continentale (*A. digitata*), six (6) endémiques de Madagascar (*A. grandidieri*, *A. za*, *A. rubrostipa*, *Adansonia madagascariensis*, *Adansonia perrieri*, *Adansonia suarezensis*) et une (1) endémique du nord de l'Australie (*Adansonia gregorii*), (Wickens et Loupe, 2008). Les différentes espèces fruitières forestières comme le baobab, sont extrêmement importantes pour l'Homme et les animaux. En effet, leurs fruits, leurs graines, leurs feuilles, leurs écorces et bois sont très appréciés par les communautés rurales et de plus en plus par celles urbaines (Mbaye et al., 2021a ; Patrut et al., 2016). Le baobab est déclaré dixième légume-feuille traditionnel le plus consommé au Sénégal (Ndiaye et al., 2003). Cependant, les populations souffrent de la très faible régénération naturelle observée. Cette quasi-absence de régénération est attribuée à l'intensification de l'agriculture, à la multiplication des feux de brousse, au développement des pâturages et à la surexploitation, en particulier des feuilles (Kouyate & Lamien, 2011) et les graines de ses fruits qui sont souvent commercialisées. Toutefois, les graines entre dans la production d'huile à usage cosmétique (Mbaye et al., 2021a). Des études récentes indiquent l'impact de la valorisation de la graine avec l'huile et le café obtenus (Mbaye et al., 2021a ;

Mbaye et al., 2021b). Ainsi les critères de la Liste rouge de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN, 2016) classe *A. perrieri* « en danger critique d'extinction » (UICN, 2019), *A. suarezensis* « en danger », *A. grandidieri* « en voie de disparition » (Ravaomanalina et Razafimanahaka, 2016), *A. madagascariensis* « quasi menacé » *A. rubrostipa*, *A. digitata*, *A. za* et *A. gregorii* en « préoccupation mineure » (UICN, 2019). La dureté du tégument des graines de baobab induit une dormance mécanique, un facteur qui contribue à la faible régénération de l'espèce. En effet, les graines de baobab mettent naturellement beaucoup de temps à germer et, lorsqu'elles sont semées sans traitement préalable, la germination peut être inférieure à 20 % (Danthu et al., 1995). L'importance écologique et les multiples biens et services écosystémiques fournis par l'espèce ont poussé plusieurs structures et organisations à se pencher sur le baobab. Les consultations régionales organisées par le Centre International pour les Cultures Sous-utilisées (ICUC) ont accordé la priorité à l'amélioration de la recherche et du développement du baobab (Sidibe & Williams, 2002). Ainsi, les travaux de Mbaye et al. (2020), Mbaye et al. (2019), Cissé (2015), Bationo et al. (2009), Ndiaye et al. (2003), Danthu et Soloviev (2000) et Danthu et al. (1995) ont été effectuées pour (i) lutter contre la mortalité des individus, (ii) trouver des solutions afin de réhabiliter les peuplements dans les écosystèmes naturels, (iii) résoudre le problème de la régénération naturelle. Plusieurs études ont aussi été menées pour étudier la composition physico chimique des graines et leurs contributions à l'alimentation et la santé humaine, etc. Parmi ces études, nous pouvons citer celles de Asogwa et al. (2021) sur le rôle du baobab africain dans l'amélioration de la nutrition, de la santé et de l'environnement ; Silva et al. (2021) sur l'accumulation d'acide phytique dans les plantes et la régulation de la voie de biosynthèse et rôle dans l'alimentation humaine ; Offiah *et Falade*. (2023) sur le potentiel du baobab dans les systèmes alimentaires. La cohabitation ancienne entre les hommes et les baobabs a permis de disposer de connaissances empiriques très pointues sur les caractéristiques des individus mais limitées pour la caractérisation des espèces. La couleur de l'écorce (noire, rouge ou blanche), le goût de la pulpe (acide, fade, sucré, non sucré, etc), la couleur des feuilles, la forme du houppier, l'envergure de l'arbre ou la forme des capsules sont les principaux critères retenus (Assogbadio et al., 2005). Afin de décrire la variabilité de la population de baobab existant en zone urbaine dans la région de Ziguinchor (Sénégal), Dieng (2022) a utilisé la dendrométrie (hauteur et circonférence). Kehlenbeck et al. (2015) sont allés plus loin avec le descripteur du CGIAR tandis que Kouyaté *et Lamien*. (2011) ont utilisé la longueur du pédoncule des fruits, la longueur, la largeur et le nombre de lobes des feuilles. Toutefois, le monde scientifique peine à expliquer les connaissances endogènes de la caractérisation traditionnelle alors que l'étude du matériel génétique laisse un

gouffre entre la diploïdie et la tétraploïdie de *A. digitata*. En effet, les études sur les aspects génétiques ont montré que les chromosomes du baobab *A. digitata* sont petits, difficiles à décompter et à étudier. Les travaux de Baum et Oginuma (1994) et Cron et al. (2016) suggèrent que toutes les espèces de baobabs malgaches et l'espèce australienne sont diploïde ( $2n = 88$ ), tandis que *A. digitata* semble être tétraploïde ( $2n = 160-166$ ). De manière générale, la bibliographie révèle une insuffisance d'informations sur sa variabilité morphologique et sa diversité génétique (Assogbadio et al., 2005). Si pour les espèces endémiques malgaches et l'espèce australienne le nombre de chromosome est bien établi, la carte chromosomique chez *A. digitata* n'est toujours pas établie au moment où les pistes de réflexion sur la capacité d'adaptation des espèces endémiques malgaches en Afrique continentale plus particulièrement au Sénégal sont peu nombreuses. C'est dans ce sens que cette étude portant sur l'amélioration des connaissances scientifiques sur la variabilité morpho-métrique des semences de trois des espèces malgaches (*A. za*, *A. rubrostipa* et *A. grandidieri*) et comparées à celles de l'espèce *A. digitata*. Elle se veut un point de départ sur un processus de recherche sur le choix de l'espèce malgache la plus adaptée aux conditions pédoclimatiques du Sénégal. A terme, l'espèce discriminée positivement sera introduite afin d'améliorer la diversité des peuplements de baobab, la régénération voire la qualité des Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) tirés du baobab. Ainsi, cette étude dont l'objectif général est de faire la comparaison des paramètres morpho-métriques des semences des quatre espèces de baobab repose sur un objectif spécifique qui est de déceler l'existence de similitudes entre les paramètres morpho-métriques des semences (masse, longueur, largeur et épaisseur). Ainsi, l'étude repose sur une hypothèse : les paramètres morpho-métrique des semences de l'espèce *A. digitata* présentent des similitudes avec au moins une des trois espèces malgaches.

## **Matériel et méthodes**

### **Site d'étude**

L'étude a été menée dans la commune de Hann Bel-Air, de la région de Dakar au Sénégal plus précisément au niveau de la pépinière du Centre National de Recherches Forestières (CNRF) qui est le département en charge de la recherche forestière de l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA). Le CNRF est situé entre la latitude 14°43'35" nord et la longitude 17°26'12" ouest à Dakar sur la route des Pères Maristes. La commune de Hann Bel-Air appartient au domaine sahélien côtier (isohyète 100-500 mm). Ce domaine est divisé en deux grandes saisons : la saison des pluies et la saison sèche avec deux grands flux commandés essentiellement par les anticyclones des Açores et de Sainte Hélène (Thiaw et al., 2022 ; Thiaw et al., 2021). L'Alizé maritime est un vent frais et humide soufflant en grande partie pendant

la saison sèche et alimenté par l'anticyclone des Açores. En saison des pluies, l'anticyclone de Sainte-Hélène émet le flux de la mousson. La température moyenne fluctue entre 20 et 30°C (Thiaw et al., 2022 ; Thiaw et al., 2021).

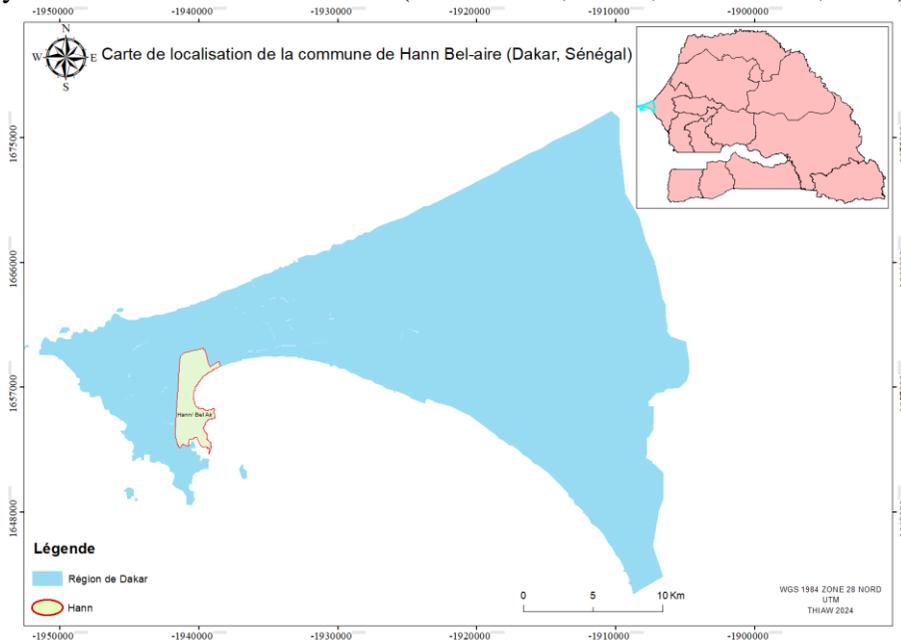


Figure 1 : Carte de localisation de la commune de Hann Bel-Air

## Matériel biologique et provenance

### Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé lors de cette étude est composé de lots de 100 grammes de chacune des espèces (*A. digitata*, *A. grandidieri*, *A. za* et *A. rubrostipa*) dans lesquels les échantillons de graines ont été pris. Les semences d' *A. digitata* sont issues de la collection du CNRF et ont été récoltées dans la région de Sédhiou au sud du Sénégal. Tandis que celles de *A. grandidieri*, *A. za* et *A. rubrostipa* proviennent de la collection du Silo National des Graines Forestières de Madagascar (SNGF) et sont récoltées respectivement dans les localités de Andrakodavaka, Marofandilia et Morondava.

## Conditions climatiques des zones de provenance

### Sédhiou

La région de Sédhiou est située au sud du Sénégal et s'étend sur une superficie de 7330 km<sup>2</sup> (ANSD, 2017). Elle est limitée au Nord par la Gambie, au Sud par la Guinée, à l'Est par la région de Kolda et à l'Ouest par celle de Ziguinchor. Le climat y est de type soudano-guinéen caractérisé par l'alternance d'une saison sèche de novembre à mai et d'une saison pluvieuse allant de mai à octobre (Mbaye et al., 2014). Les moyennes pluviométriques

annuelles varient entre 800 et 1600 mm de 1985 à 2015 (Mbaye et al., 2019). Les températures sont basses et offrent un climat doux entre décembre et janvier (25 à 30°C) tandis que les températures les plus élevées sont enregistrées entre mars et septembre (30 à 40°C) (ANSD, 2017).

### ***Andrakodavaka***

La ville d'Andrakodavaka est localisée entre 19°40'60" S et 47°0'0" E à 2133 m d'altitude dans la région de Vakinankaratra (CREAM, 2013). Elle s'étend sur 17 496 Km<sup>2</sup> avec un relief formé de hauts plateaux, de collines plus ou moins escarpées et de massifs volcaniques. Elle fait partie des hautes terres dominées par des sols volcaniques à cause de l'activité volcanique du néogène/quatenaire. Le climat de type tropical offre deux principales saisons tout au long de l'année (CREAM, 2013) : une saison pluvieuse moyennement chaude de novembre à mars et une saison sèche relativement fraîche d'avril à octobre. Le climat est caractérisé par une température moyenne annuelle inférieure ou égale à 20° C. La moyenne annuelle des pluies est de 1505,9 mm en 109 jours (CREAM, 2013).

### ***Marofandilia et Morondava***

Marofandilia et Morondava appartiennent au district de Morondava situé dans la région de Menabe. Avec une superficie de 5115 km<sup>2</sup>, le district de Morondava est limité par les districts de Mahabo à l'est, de Belo au nord, de Manja au sud et par le canal de Mozambique à l'ouest (Andriamanalina, 2021). Son climat de type tropical (Andriamanalina, 2021) est caractérisé par deux saisons bien marquées : une saison pluvieuse chaude de 5 mois (novembre à mars) et une saison sèche de 7 mois (avril et octobre). Les relevés météorologiques de la station de Morondava (altitude 7 m) donnent une température moyenne annuelle de 24,7°C (Tache, 1994) et des précipitations moyenne sur la période 1901-1993 de 767 mm/an (Tache, 1994).

### **Conduite de l'étude**

Pour mener l'étude sur la variabilité morpho-métrique des semences de ces quatre espèces de baobab, un échantillonnage aléatoire est effectué sur des lots de 100 g de semences de chaque espèce. Un tirage au hasard sans remise est effectué sur chaque lot à raison de vingt (20) sorties répétées cinq (5) fois soit un total de cent (100) sorties pour les 5 répétitions. Au total, 100 graines pour chaque espèce et un total de 400 graines pour tout l'essai. Sur chaque graine, un pied à coulisse digital a été utilisé pour mesurer sa longueur (mm) suivant le grand axe de la graine, la largeur (mm) suivant le petit axe de la graine, et l'épaisseur ou profondeur de la graine (mm) à la limite de l'axe perpendiculaire entre la longueur et la largeur de la graine. La masse de chaque graine a été déterminée à l'aide d'une balance de précision (Kern EMB) d'une

sensibilité de 0,001g. Les graines ont été mesuré et pesé pour ressortir la variabilité intra et inter spécifique des paramètres de taille et de poids chez les baobabs.

### Traitement et analyse des données

L'analyse des données repose d'abord sur les statistiques descriptives à la suite de leur collecte et saisie sur un tableur Excel. En l'absence de normalité et d'homoscédasticité des données déduites des tests de Shapiro-Wilk et de Bartlett (Shapiro et Wilk, 1965 ; Bartlett, 1937 ; Royston, 1982), le test non paramétrique de comparaison de Kruskal-Wallis a été utilisé sur les paramètres morpho-métriques des semences pour comparer les espèces (Kruskal et Wallis, 1952). Le `conover.test` avec la méthode approfondie de Bonferroni a été appliqué pour déterminer la présence ou non de différence statistiquement significative (Conover et Iman, 1979 ; Conover, 1999). Ensuite, les statistiques inférentielles avec la théorie des Modèles Linéaires Généralisés (GLM) a permis de modéliser l'épaisseur des graines en fonction de la longueur et largeur (Nelder et Wedderburn, 1972) et de déduire des équations de régressions linéaires pour chaque espèce. Le test de corrélation de Pearson a été appliqué sur les paramètres morpho-métriques des graines. Enfin, les similarités sont déduites des résultats et des conclusions tirées de l'étude.

### Résultats

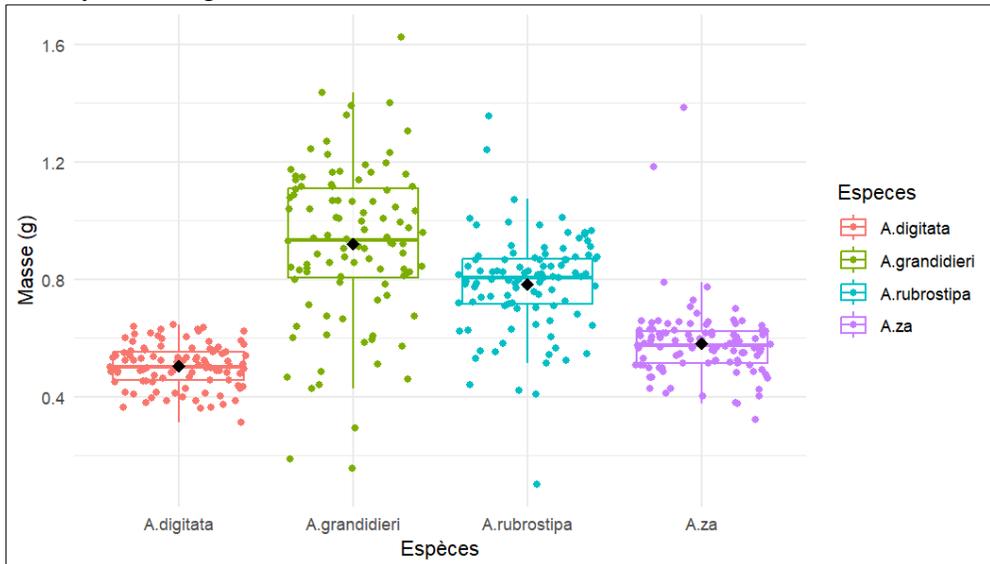
L'analyse des données des graines montre qu'il y a une différence significative sur leurs paramètres morpho-métriques entre ces 4 espèces étudiées. Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis (`Kruskal.test`) donne une valeur de probabilité ( $p$ -value =  $< 2.2e-16$ ) inférieure au seuil alpha (5%) pour toutes les espèces et pour tous les paramètres. La comparaison des rangs de Wilcoxon suivi de l'ajustement de Bonferroni avec le test de conover (`conover.test`) montre que les quatre espèces sont significativement différentes lorsqu'elles sont comparées deux à deux sur l'ensemble des paramètres testés (Tableau 1).

**Tableau 1** : Statistiques descriptives sur la longueur, la largeur et l'épaisseur des semences des espèces de baobab *A. digitata*, *A. grandidieri*, *A. rubrostipa* et *A. za*.

Paramètres	<i>A. grandidieri</i> – <i>A. za</i>	<i>A. grandidieri</i> – <i>A. rubrostipa</i>	<i>A. grandidieri</i> – <i>A. digitata</i>	<i>A. rubrostipa</i> – <i>A. za</i>	<i>A. digitata</i> – <i>A. rubrostipa</i>	<i>A. digitata</i> – <i>A. za</i>
Longueur	< 2e-16***	3.8e-07 ***	< 2e-16***	1.3e-11 ***	< 2e-16***	< 2e-16 ***
Largeur	< 2e-16***	7.8e-08 ***	< 2e-16***	2.8e-07 ***	< 2e-16***	< 2e-16***
Epaisseur	< 2e-16***	< 2e-16***	< 2e-16***	4.3e-09***	< 2e-16***	1.1e-15***
Masse	< 2e-16***	5.6e-06 ***	< 2e-16***	< 2e-16***	< 2e-16***	3.1e-07 ***

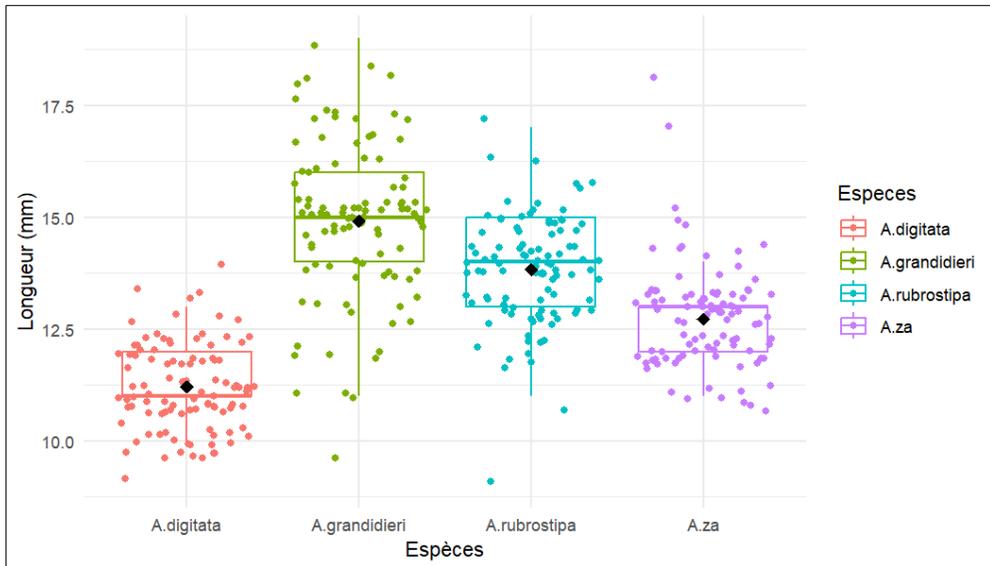
Signif. codes: 0 '\*\*\*' très hautement significative, 0.001 '\*\*' hautement significative, 0.01 '\*' significative

L'analyse de la figure 2 montre que les données de la masse connaissent une meilleure symétrie sur l'ensemble des quatre espèces. Le premier quartile, la médiane et le troisième quartile sont nettement distincts avec une moyenne centrée sur la médiane pour *A. digitata* et *A. za* et légèrement décalée de la médiane pour *A. grandidieri* et *A. rubrostipa*. En moyenne, une graine de *A. grandidieri* est plus lourde et pèse  $0,92\pm 0,27g$  suivie d'une graine de *A. rubrostipa* ( $0,78\pm 0,17g$ ) et d'une graine de *A. za* ( $0,58\pm 0,13g$ ). Une graine de *A. digitata* est moins lourde et pèse ( $0,50\pm 0,07g$ ) en moyenne (Figure 2).



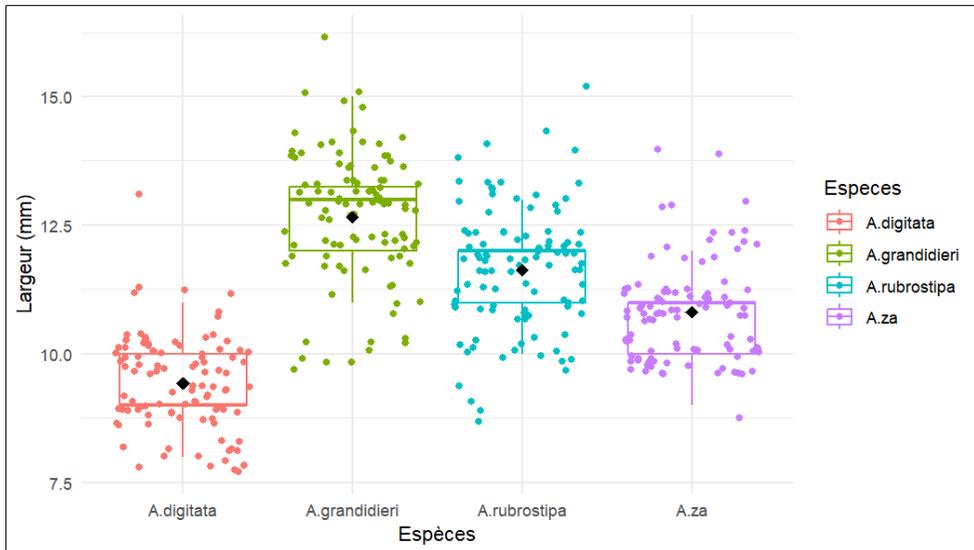
**Figure 2 :** Distribution de la masse des graines de *A. digitata*, *grandidieri*, *rubrostipa* et *za*

Les box-plots sur la longueur des graines montrent que les données issues des espèces *A. grandidieri* et *A. rubrostipa* sont plus symétriques avec des moyennes plus proches des médianes, centrées et équidistantes entre le premier et le dernier quartile. Par contre, *A. digitata* et *A. za* montrent des données dissymétriques avec une moyenne plus proche du premier quartile indissociable de la médiane pour *A. digitata* et une médiane indissociable au troisième quartile pour *A. za* (Figure 3). Toutefois, la comparaison des rangs montre une différence très hautement significative entre les espèces. En valeur absolue, les graines de *A. grandidieri* sont plus longues avec  $14,92\pm 1,70$  mm suivi respectivement des graines de *A. rubrostipa* ( $13,83\pm 1,19$ mm), *A. za* ( $12,73\pm 1,13$ mm) et *A. digitata* ( $11,22\pm 0,94$ mm).



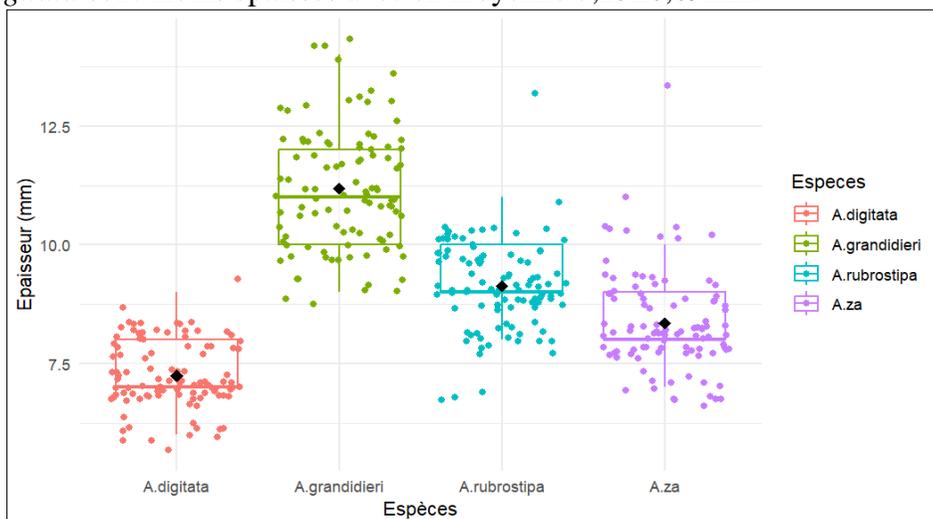
**Figure 3 :** Distribution des longueurs des graines de *A. digitata*, *grandidieri*, *za* et *rubrostipa*

La figure 4 montre que toutes les espèces présentent des données dissymétriques sur la largeur des graines. Les espèces malgaches (*A. grandidieri*, *A. rubrostipa* et *A. za*) ont des données centrées auprès du dernier quartile qui est aussi la médiane alors que l'espèce *A. digitata* à des données centrées auprès du premier quartile qui est à la fois la médiane. Néanmoins, la comparaison des rangs montre que la différence entre les largeurs moyennes des graines de baobab est très hautement significative. En valeur absolue, les graines de *A. grandidieri* sont plus larges avec en moyenne  $12,66 \pm 1,29$ mm. Elles sont suivies respectivement des graines de *A. rubrostipa* ( $11,63 \pm 1,19$ mm), *A. za* ( $10,81 \pm 0,92$ mm) et *A. digitata* ( $9,43 \pm 0,89$ mm).



**Figure 4 :** Distribution des largeurs des graines de *A. digitata*, *grandidieri*, *za* et *rubrostipa*

De l'analyse de la figure 5, il ressort que les données sur l'épaisseur des semences de baobab ont montré pour trois espèces (*A. rubrostipa*, *A. za* et *A. digitata*) une dissymétrie avec des moyennes centrées autour du premier quartile qui est à la fois la médiane contrairement à *A. grandidieri* qui a une distribution plus symétrique avec une nette distinction entre le premier quartile, la médiane et le troisième quartile. Les graines d' *A. grandidieri* sont également plus épaisses avec en moyenne  $11,19 \pm 1,27$  mm. Les graines d' *A. digitata* sont moins épaisses avec en moyenne  $7,25 \pm 0,69$  mm.



**Figure 5 :** Distribution des épaisseurs des graines de *A. digitata*, *grandidieri*, *rubrostipa* et *za*

Au sortir de la modélisation de l'épaisseur en fonction de la longueur et de la largeur, le tableau 2 montre que les coefficients de la longueur et de la largeur sont très hautement significatifs ( $p < 0.001$ ). La longueur et la largeur ont chacune un impact significatif sur l'épaisseur et le critère d'Akaike (AIC = 1027) confirme que le modèle est bien ajusté avec une réduction substantielle de la déviance résiduelle par rapport à la déviance nulle. Le modèle appliqué est bien approprié aux données et parfaitement fiable pour la prédiction de l'épaisseur en fonction de la longueur et de la largeur.

**Tableau 2 :** Statistiques de la modélisation de l'épaisseur en fonction de la longueur et de la largeur des graines de *A. digitata*, *A. grandidieri*, *A. rubrostipa* et *A. za*

Coefficients	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	Signif. codes
(Intercept)	2.71990	0.43711	6.222	1.25e-09	***
Longueur	0.14096	0.04166	3.383	0.000788	***
Largeur	0.31267	0.04883	6.404	4.32e-10	***
Espèces <i>A. grandidieri</i>	2.40851	0.18896	12.746	< 2e-16	***
Espèces <i>A. rubrostipa</i>	0.83421	0.15787	5.284	2.10e-07	***
Espèces <i>A. za</i>	0.45566	0.13637	3.341	0.000913	***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1; (Dispersion parameter for gaussian family taken to be 0.7480523)

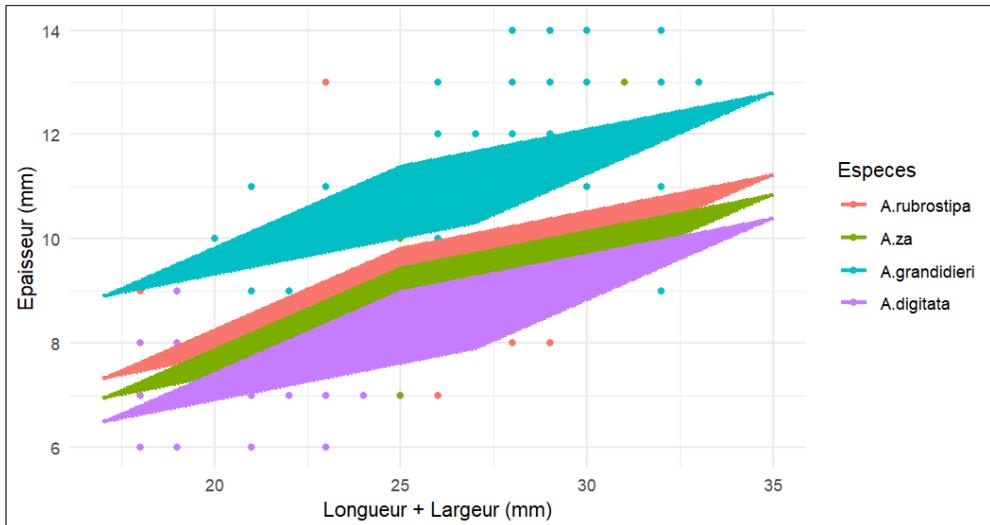
Null deviance: 1210.88 on 399 degrees of freedom; Residual deviance: 294.73 on 394 degrees of freedom ; AIC: 1027

En effet, *A. digitata* est l'espèce de référence du modèle. Chez *A. digitata*, lorsque la longueur et la largeur sont à leur plus basse valeur, l'épaisseur est de 2,72 mm. Une augmentation d'un (1) mm de longueur entraîne une augmentation de 0,14 mm de l'épaisseur tandis qu'une augmentation d'un (1) mm de largeur entraîne une augmentation de 0,31 mm de l'épaisseur. Ce qui nous permet de déduire l'équation de régression de l'épaisseur en fonction de la longueur et de la largeur pour *A. digitata*. Le modèle permet de prédire à partir de *A. digitata*, l'épaisseur d'une graine de *A. grandidieri*, *A. rubrostipa* et *A. za* qui augmente d'intercept respectivement de 2,40851 ; 0,83421 et 0,45566 à partir de celui de *A. digitata* (Tableau 3).

**Tableau 3 :** Equations de régression linéaire de l'épaisseur en fonction de la longueur et de la largeur des graines de *A. digitata*, *A. grandidieri*, *A. rubrostipa* et *A. za*

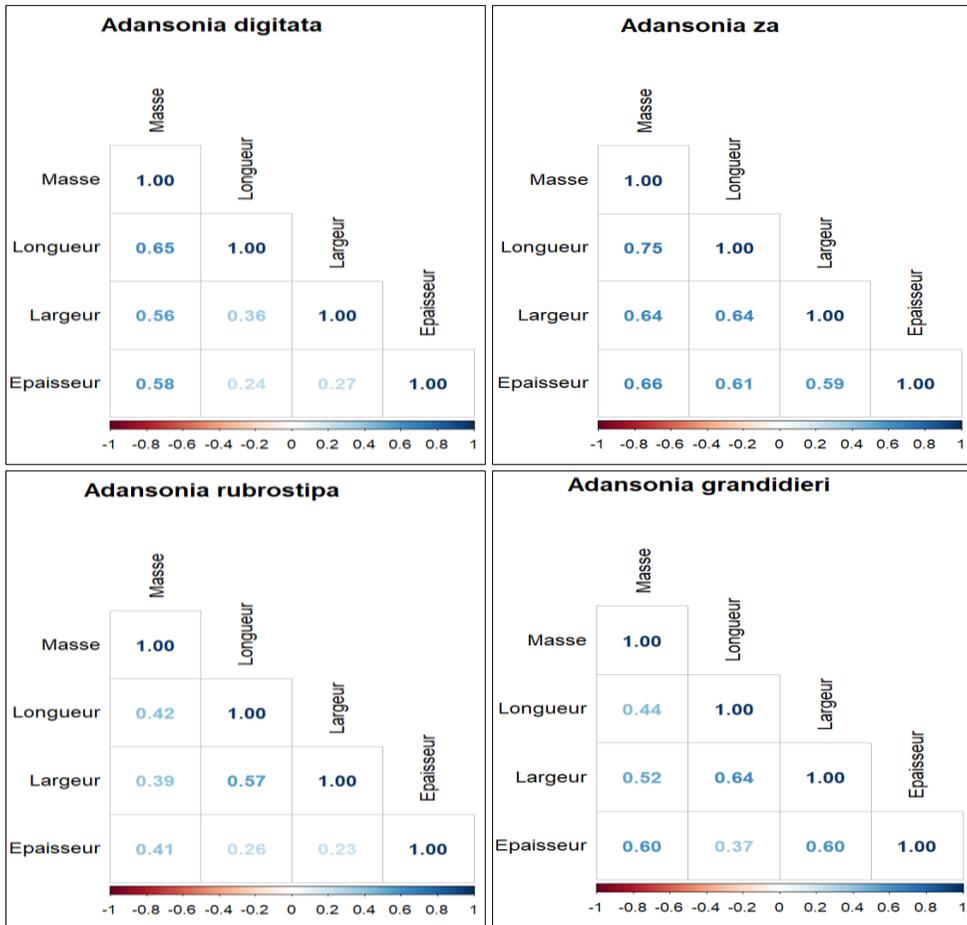
Espèces	Equations allométriques
<i>A. digitata</i>	Epaisseur = [2,72 + (0,14*Longueur) + (0,31*largeur)]
<i>A. za</i>	Epaisseur = [3,18 + (0,14*Longueur) + (0,31*largeur)]
<i>A. rubrostipa</i>	Epaisseur = [3,55 + (0,14*Longueur) + (0,31*largeur)]
<i>A. grandidieri</i>	Epaisseur = [5,13 + (0,14*Longueur) + (0,31*largeur)]

La Figure 6 montre que le modèle de référence de la régression linéaire de l'épaisseur en fonction de la longueur et de la largeur des graines porté par *A. digitata* est plus proche du modèle de *Adansonia za* suivi de *A. rubrostipa*.



**Figure 6 :** Modélisation de l'épaisseur en fonction de la longueur et de la largeur des graines de *A. digitata*, *grandidieri*, *rubrostipa* et *za*

L'exploitation des données des paramètres morpho-métriques montre que pour toutes les espèces, la longueur, la largeur et l'épaisseur sont positivement corrélées. L'espèce *A. digitata* donne des semences dont la masse est modérément corrélée à la longueur (0,65), largeur (0,56) et épaisseur (0,58). Toutefois, la longueur est faiblement corrélée à la largeur (0,36) et à l'épaisseur (0,24) de même que la largeur par rapport à l'épaisseur (0,27). Chez l'espèce *A. grandidieri*, la masse des semences est modérément corrélée à la largeur (0,52) et à l'épaisseur (0,60) mais faiblement corrélée à la longueur (0,44). La largeur est modérément corrélée à l'épaisseur (0,60) et à la longueur (0,64) alors que l'épaisseur est faiblement corrélée à l'épaisseur (0,37). Les semences de l'espèce *A. rubrostipa* donnent des corrélations toutes faibles hormis celles entre la largeur et la longueur (0,57) qui est modérée. L'espèce *A. za* présente une seule corrélation forte entre la masse et la longueur (0,75). Les corrélations restantes sont toutes modérées. En effet, les espèces *A. digitata* et *A. za* donnent des semences dont la masse présente plus de corrélation forte à modérée avec les paramètres de taille contrairement aux espèces *A. grandidieri* et *A. rubrostipa* dont la masse présente plus de corrélation faible avec les paramètres de taille (Figure 7).



**Figure 7 :** Matrice de corrélation de Pearson entre la masse, la longueur, la largeur et l'épaisseur des graines des espèces *A. digitata*, *A. grandidieri*, *A. rubrostipa* et *A. za*

## Discussion

Les graines des différentes espèces de baobab montrent une grande dissymétrie en longueur, largeur, épaisseur et masse. Les espèces *A. grandidieri* et *A. rubrostipa* présentent des longueurs moyennes proches des médianes, tandis que *A. digitata* montre des moyennes qui se rapprochent du premier quartile et *A. za* montre une médiane similaire au troisième quartile. La largeur des graines des espèces malgaches est presque identique et centrée sur le dernier quartile. En ce qui concerne l'épaisseur, *A. digitata* est plus proche de *A. rubrostipa* et *A. za*. La masse des graines se distribue mieux parmi les quatre espèces, avec des valeurs distinctes pour les quartiles et des moyennes presque égales aux médianes chez *A. digitata* et *A. za*. Les différences morphométriques entre les espèces sont significatives ( $p < 0,05$ ), *A. grandidieri* ayant des valeurs moyennes plus élevées que *A. digitata*. Des corrélations positives entre la masse et les dimensions des graines sont

observées, notamment une forte corrélation (0,75) entre la masse et la longueur chez *A. za*. Les corrélations entre masse et taille sont modérées chez *A. digitata* et *A. za*, mais faibles chez *A. grandidieri* et *A. rubrostipa*. Les corrélations entre les paramètres de taille sont elles-mêmes en général faibles à modérées pour toutes les espèces.

Les résultats obtenus de *A. digitata* et *A. za* sont en conformité avec ceux des travaux de Von Maydell, (1986) sur les graines de *A. digitata* dont les tailles varient de 10 à 13 mm × 8 à 10 mm × 4 à 5 mm pour une masse moyenne d'une graine variant entre 0,37 et 0,54 g. contrairement aux espèces *A. grandidieri* et *A. rubrostipa* dont les résultats en déphasage montrent des graines avec des moyennes supérieures aux plage décrites par Von Maydell, (1986). Les bilans pluviométriques montrent que les zones de collecte des semences sont soumises à une variabilité annuelle avec des moyennes respectives de 1200 mm à Sédhiou, 767 mm à Marofandilia et Morondava, 1505,9 mm à Andrakodavaka. Cependant, *A. digitata* s'adapte très bien dans les zones sahéennes, soudano-sahéennes et soudaniennes où la pluviométrie moyenne annuelle est respectivement de 300, 500 et >800 mm (FAO, 1981, 1988 et Wickens 1982 ; Sidibé et Williams, 2002). En effet, *A. digitata* est l'espèce la plus dispersée à l'état naturel parmi les baobabs et d'après Charpentier (2006) ; Abdillahi et al. (2014) cité par Abdillah (2017) *A. digitata* est présente dans les savanes et forêts sèches d'Afrique de l'Ouest, de l'Est et du Sud. Elle est aussi présente sur l'Archipel des Comores dans les forêts, fourrés et savanes (Abdillah, 2017). *A. digitata* est également présente dans le Nord-ouest de Madagascar, en Asie tropicale et sur l'île Maurice (Miège, 1974 ; Baum, 1996 ; Wickens et Lowe, 2008 ; Charpentier, 2006 ; Leong Pock Tsy et al., 2009 ; Cornu et al., 2014). Ainsi, cette espèce est celle qui présente la plus large distribution et les semences récoltées à Sédhiou ont évolué dans l'idéal pluviométrique allant de 300mm à plus de 800mm. Cependant, l'étude montre que les semences d' *A. grandidieri* ont été récoltées dans une zone (Andrakodavaka avec 1505,9mm) où la pluviométrie moyenne annuelle est largement supérieur à celle de Sédhiou. Ces résultats montrent que les conditions climatiques pourraient impacter la variabilité des paramètres morphométriques des semences. En effet, les résultats confirment les travaux de Kodjo et al. (2022) sur la caractérisation des descripteurs morphologiques et des paramètres biochimiques de 100 fruits de *A. digitata* issus de quatre zones agroclimatiques de la Cote d'Ivoire. Les résultats obtenus ont révélé une différence significative entre les zones agroclimatiques synonyme d'une diversité pour la majorité des descripteurs morphologiques et biochimiques (Kodjo et al., 2022). La variabilité des paramètres morphométrique des graines de baobab serait liée à une évolution spatiotemporelle très lointaine pour l'espèce *A. digitata*. Cette évolution lui aurait conféré une capacité d'adaptation parfaite aussitôt bien dans des conditions sahéennes que

soudaniennes contrairement aux espèces *A. grandidieri*, *A. rubrostipa* et *A. za* qui sont restées endémiques à Madagascar. En effet, l'évolution au fil du temps aurait donné aux graines de l'espèce continentale africaine (*A. digitata*) des paramètres morphométriques plus faibles mais plus stables (parfaitement illustré par les données de l'épaisseur). Ces résultats sont en phase avec les travaux de Rakotoarisoa et al. (2006) ; Assogbadjo et al. (2005) qui ont montré que la mesure de l'épaisseur des graines peut aider à différencier les espèces. L'épaisseur, définie comme la dimension de la graine mesurée perpendiculairement à sa longueur et sa largeur, est utilisée en conjonction avec ces deux derniers paramètres pour caractériser les graines de manière exhaustive. Ainsi, l'épaisseur est une mesure morpho-métrique essentielle pour comprendre la morphologie des graines. La variabilité de l'épaisseur peut être liée à la capacité d'adaptation écologique mais aussi à la diversité génétique. En effet, les graines plus épaisses obtenues avec *A. grandidieri* renseigneraient sur des conditions climatiques moins hostiles, une teneur plus élevée en réserves nutritives et une meilleure résistance à la dissémination sur de longue distance. Par contre les graines moins épaisses correspondantes à celles de *A. digitata* renseigneraient sur des conditions climatiques plus hostiles et plus contraignantes provoquant une diminution des réserves nutritives, des teneurs en eau et des graines plus récalcitrantes. La diminution de l'épaisseur des graines chez *A. digitata* serait une stratégie d'adaptation aux conditions climatiques de la zone sahélienne marqué par la rareté des pluies. Toutefois, la diminution des réserves pourrait être un avantage pour *A. digitata* dont les graines auraient la capacité à se conserver sur de longue durée en attente des conditions idéales pour une germination. Selon Aubreville, (1975) défenseur de la première hypothèse avancée pour expliquer la cause de la disjonction (spécifique) sur l'origine des baobabs cité par Baum et al. (1998) ; Smith et al. (1971) ; Miège (1974) ; Armstrong (1977) ; Bowman, (1997), le genre *Adansonia* serait originaire de Madagascar mais s'est retrouvé en Afrique par dispersion suite à la rupture des blocs de l'Ouest du Gondwana comprenant l'Afrique, Madagascar, l'Inde, l'Australie et l'Amérique du sud au courant du Crétacé. Ce qui fait que le genre *Adansonia* est considéré comme une relique de la flore du Gondwana par Smith et al. (1971) ; Miège (1974) ; Armstrong (1977) ; Bowman (1997). Toutefois, Baum (2003) sur la base de données phylogénétiques du genre *Adansonia*, indique que le groupe des baobabs africains, australiens et malgaches sont issus d'un ancêtre commun suite à une évolution qui s'est produite il y a -9,4 et -10,5 millions d'années approximativement. Ce qui exclut ainsi l'hypothèse de l'origine gondwanienne des baobabs il y a -58 à -65 millions d'années (Baum, 2003). Cette évolution récente renforce l'idée d'une hydrochorie marine des graines des espèces de l'Iles de Madagascar qui aurait abouti à des semences plus petites et moins lourdes de l'espèce *A. digitata* au niveau du plateau

continental africaine (Baum, 2003). Toutefois, cette évolution aurait laissé des traits de ressemblance entre *A. digitata* et les espèces endémiques de Madagascar. La corrélation de Pearson confirmait par les travaux de Assogbadio et al. (2005) montre que les relations, entre les variables métriques et le poids total des capsules chez le baobab, présentent des coefficients de détermination globalement faibles (0,35) entre la masse et la longueur, modérés (0,64) entre la masse et la largeur des semences et très faibles entre la longueur et la largeur des graines (0,22). Le modèle prédictif de l'épaisseur des graines en fonction de la longueur et de la largeur montre que l'espèce *A. digitata* reste l'espèce de référence. Les équations de régressions montrent que *A. za* et *A. rubrostipa* sont les deux espèces malgaches de cette étude qui offre des modèles plus proches de celui d'*A. digitata* plus particulièrement *A. za*. Les résultats de la caractérisation morpho-métrique des semences ont ressortis des similitudes entre *A. digitata* et *A. za*.

### Conclusion et perspectives

La présente étude menée sur la caractérisation des paramètres morphométriques de quatre espèces de baobab dont trois endémiques de Madagascar, à travers des échantillons de 100 graines de chaque espèce a montré des traits de ressemblances entre certaines espèces. Les résultats montrent l'existence de différence significative entre les espèces sur les paramètres morpho-métriques. En effet, une graine de l'espèce *A. grandidieri* est plus longue ( $14,92 \pm 1,70$ mm), plus large ( $12,66 \pm 1,29$ mm), plus épaisse ( $11,19 \pm 1,27$ mm) et plus lourde ( $0,92 \pm 0,27$ g) qu'une graine de *A. rubrostipa*, *A. za* et *A. digitata*. Cette dernière (*A. digitata*) a une graine en moyenne moins longue ( $11,22 \pm 0,94$ mm), moins large ( $9,43 \pm 0,89$ mm), moins épaisse ( $7,25 \pm 0,69$ mm) et moins lourde ( $0,50 \pm 0,07$ g). Les statistiques inférentielles autour des valeurs des paramètres morphométriques des semences montrent que toutes les espèces ont des graines dont la masse est corrélée positivement aux paramètres de taille. Toutefois, les espèces *A. digitata* et *A. za* donnent des graines dont les masses sont modérées à fortement corrélées aux paramètres de taille contrairement aux espèces *A. grandidieri* et *A. rubrostipa* dont les masses présentent une corrélation faible avec les paramètres de taille. Les résultats de la caractérisation morphométrique permettent de déduire que l'espèce *A. za* est l'espèce malgache dont les graines présentent des paramètres morpho-métriques positivement discriminés avec ceux des graines de l'espèce *A. digitata*. En effet, l'étude montre que les semences des espèces malgaches gardent des caractéristiques supérieures à celles de l'espèce *A. digitata*. *A. za* est l'espèce malgache dont les caractéristiques morphométriques des semences sont plus proches de celle du *A. digitata*. Malgré les résultats probants, l'étude regorge de limites liées aux manques de semences des autres espèces de baobab (*Adansonia perrieri*, *Adansonia suarezensis*, *Adansonia*

*madagascariensis* et *Adansonia gregorii*) afin de prendre en compte toutes les espèces.

En perspective, il serait nécessaire de poursuivre la caractérisation morphométrique avec les autres espèces de baobab, de mener des tests sur la germination des semences et la capacité d'adaptation des plants de toutes les espèces de baobab au Sénégal en fonction de la variabilité climatique tout au long de l'année. Nous suggérons également de mener des études sur le séquençage de l'ADN de baobab *A. digitata* du Sénégal afin d'établir la carte génétique de l'espèce.

### **Remerciements**

Les auteurs remercient le Centre National de Recherches Forestières d'avoir commandé des semences de Madagascar et fourni les moyens avec le recrutement d'une mastérante pour mener l'étude. Les auteurs remercient également les reviewers pour les remarques ayant permis l'amélioration du manuscrit.

### **Contributions des auteurs**

Les auteurs qui ont défini les objectifs de recherche, sont responsables de la mise en place de l'essai, de la collecte et de l'analyse des données, de l'interprétation des résultats, de la rédaction de l'article et de sa révision.

**Déclaration de financement:** Cette étude n'a reçu aucun financement externe et a été entièrement réalisée sur ressource propre du Centre National de Recherches Forestières (CNRF) de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA).

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

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

### **References:**

1. Abdillahi, M. (2017). Caractérisation écologique de la végétation sèche à baobab et biogéographie d'*Adansonia digitata* de l'archipel des Comores. Thèse pour l'obtention du diplôme de doctorat en sciences de la vie et de l'environnement spécialité : sciences du végétal. Université d'Antananarivo Domaine Sciences et Technologies mention Biologie et Ecologie Végétale. 192 p.
2. Abdillahi, M., Cyrille C., Danthu, P., Edmond, R., & Bakoulimalala, R. (2014). Biogéographie des baobabs des Comores : analyse spatiale

- de la distribution des individus pour la conservation de la biodiversité d'*Adansonia digitata* L. *TOHIRAVINA* 3 : 173-192.
3. Andriamanalina, N, M, H, L. (2021). Analyse des déterminants à l'adoption du charbon écologique dans le district de Morondava, Madagascar. Université Senghor, Département Environnement Spécialité Gestion de l'Environnement. 72 p.
  4. ANSD. (2017). Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage (RGPHAE 2013). Rapport définitif régional, région de Sédhiou. 79 p. <https://www.ansd.sn/rapports/rgph-2013>.
  5. Armstrong, P. (1977). Baobabs : Remnant of Gondwanaland ? *New Scientist*, 73 : 212-213.
  6. Asogwa, I. S., Ibrahim, A. N., & Agbaka, J. I. (2021). African baobab : Its role in enhancing nutrition, health, and the environment. *Trees, Forests and People*, 3, 100043.
  7. Assogbadjo, A. E., Sinsin, B., & Van Damme, P. (2005). Caractères morphologiques et production des capsules de baobab (*Adansonia digitata* L.) au Bénin. *Fruits*, 60(5) : 327-340.
  8. Bartlett, M. S. (1937). Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A-Mathematical and Physical Sciences*, 160(901) : 268-282.
  9. Bationo, B. A., Lamien, N., Demers, N., & Kandji, S. (2009). Culture du baobab *Adansonia digitata* L. (Bombacaceae) en planche maraîchère : Une méthode pour simplifier sa récolte et favoriser sa propagation au Sahel. *Bois & Forêts Des Tropiques*, 299 : 79-86.
  10. Baum, D. A. (2003). Bombacaceae, *Adansonia*, Baobab, Bozy, Fony, Renala, Ringy, Za. In Goodman S. M., Benstead J. P. (Eds). *The natural history of Madagascar. The University of Chicago Press. Chicago and London.* 339-342.
  11. Baum, D. A., Small, R. L., & Wendel, J. F. (1998). Biogeography and floral evolution of baobabs (*Adansonia*, Bombacaceae) as inferred from multiple data sets. *Systematic Biology*, 47 : 181-207.
  12. Baum, D. A. (1996). The ecology and conservation of the baobabs of Madagascar. *Primate Report*, 46(1) : 311-327.
  13. Baum D. A., & Oginuma K. (1994). A review of some chromosome numbers in Bombacaceae with new counts for *Adansonia* (Bombacaceae). *Taxon*, 43 : 11-20. <https://doi.org/10.2307/1223456>.
  14. Bowman, D. M. J. S. (1997). Observations sur la démographie du baobab d'Australie (*Adansonia gibbosa*) dans le nord-ouest du Territoire du Nord, en Australie. *Revue australienne de botanique*, 45(5) : 893-904. <https://doi.org/10.1071/BT96092>.

15. Charpentier, M. (2006). Le baobab, cet arbre étrange et monstrueux. *Univers Maoré*, 5 : 28-31.
16. Cissé, M. (2015). Analyse des perceptions locales et des déterminants socio-économiques de l'adoption de technologies agroforestières : Cas des planches maraichères et du greffage horticole d'*Adansonia digitata* L. Baobab), Mémoire Master Université Assane Seck de Ziguinchor. 41 p.
17. Conover, W. J. (1999). Practical nonparametric statistics (Vol. 350). *John Wiley & Sons*, New York.
18. Conover, W. J., & Iman, R. L. (1979). Multiple-comparisons procedures. Informal report. *Tech. Rep. LA-7677-MS, Los Alamos Scientific Laboratory*. <https://doi.org/10.2172/6057803>
19. Cornu, C., Ramahafaly, W., & Danthu, P. (2014). *Adansonia madagascariensis*, a marine hydrochory hypothesis. *BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES*, 320 (2) : 7-14.
20. CREAM (2013). Monographie de la région de Vakinankaratra. Centre de Recherches, d'Etudes et d'Appui à l'Analyse Economique à Madagascar. 169 p.
21. Cron, G. V., Karimi, N., Glnnon, K. L., Udeh, W., Venter, S. M., Assogbadjo, A., & Baum, D. A. (2016). One African baobab species or two? A reevaluation of *Adansonia kilima*. *TAXON*, 65 (5): 1037–1049.
22. Danthu, P., & Soloviev, P. (2000). Propagation par greffage de trois espèces forestières fruitières des zones tropicales sèches. *Adansonia digitata*, *Balanites aegyptiaca*, 22-24.
23. Danthu, P., Roussel, J., Gaye, A., & El-Mazzoudi, E. (1995). Baobab (*Adansonia digitata* L.) seed pretreatments for germination improvement. *Seed science and technology*, 23(2) : 469-475.
24. Davo, M. A., Moutikou, K. G., Oumorou, M., Adjahossou, B. S., & Aïtondji, L. (2021). Effets des prétraitements sur la germination et la croissance juvénile de *Adansonia digitata* (Coly R.) dans la commune de Natitingou. Rapport(GEN)/EPAC/UAC. 44 p.
25. Dieng, M. (2022). Caractérisation agromorphologique de *Adansonia digitata* L (baobab) en zone urbaine dans la ville de Ziguinchor. Mémoire de Master Spécialité : Aménagement et Gestion Durable des Écosystèmes Forestiers et Agroforestiers (AGDEFA). UFR Sciences et Technologies, Département Agroforesterie. 55 p.
26. FAO. (1988). Traditional food plants. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, 24 : 63-67.
27. FAO. (1981). An Eco-climatic Classification of Inter-Tropical Africa. *Prod. Prot.* Rome, Italy, Paper 31. 43p.

28. Kehlenbeck, K., Padulosi, S., Alercia, A. (2015). Descriptors for baobab (*Adansonia digitata* L.). *Bioversity international*, Rome, Italy and world agroforestry centre, Nairobi, Kenya. [accessed 2019 May 31]. <https://www.bioversityinternational.org/e-library/publications/detail/descriptors-for-baobabadansonia-digitata-l/>.
29. Kodjo, N. F., Adama, P. S., & Zoro, F., A. (2022). Variabilités des caractères morphologiques et biochimiques des fruits de *Adansonia digitata* L. issus des zones agroclimatiques en Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 37(3) : 2028-9324. <http://www.ijias.issr-journals.org/>.
30. Kouyate, A., & Lamien, N. (2011). Conservation et utilisation durable des ressources génétiques des espèces ligneuses alimentaires prioritaires de l'Afrique subsaharienne. INERA, Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles, Burkina Faso, 8 p.
31. Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American statistical Association*, 47(260) : 583-621.
32. Mbaye, T., Ndiaye, A., Ba, M. F., Fall, D., & Ngom, D. (2021). Biophysical Characterisation of Baobab Parks in Middle and Upper Casamance in Southern Senegal. *American Journal of Agriculture and Forestry*, Vol. 9, No. 6, 2021, pp. 334-341. doi: 10.11648/j.ajaf.20210906.11.
33. Mbaye, T., Cisse, Mahani., Toure, Katim., Ndiaye, Ababacar., Ba, M., F., Fall, D., Gning, F., Ngom, D. (2021). Local People's Perceptions of Baobab (*Adansonia digitata* L.) Technologies in Senegal. *International Journal of Agricultural Economics*, Vol. 6, No. 6, 2021, pp. 250-255. doi: 10.11648/j.ijae.20210606.12.
34. Mbaye, T., Ndiaye, A., Sow, M., Diallo, M., Fall, D., Ngom, D., Charrahabil, M., Ndiaye, S., & Beye, A. (2020). Caractéristiques de la végétation herbacée de trois jeunes plantations de baobabs (*Adansonia digitata* L.) en Moyenne et Haute Casamance, Sénégal. *Revue d'élevage Et De médecine vétérinaire Des Pays Tropicaux*, 73(3) : 213–220. <https://doi.org/10.19182/remvt.36314>.
35. Mbaye, T., Gning, F., Fall, D., Ndiaye, A., Ngom, D., Cisse, M., & Ndiaye, S. (2019). Effet du greffage horticole et de l'inoculation mycorhizienne sur la croissance du baobab (*Adansonia digitata* L.) en Moyenne et Haute Casamance (Sénégal). *European Scientific Journal*, 15(36) : 1857-7431.
36. Mbaye, T., Ndiaye, A., Ngom, D., Cissé, M., & Gning, F. (2014). Facteurs déterminants de la fructification des parcs à baobab

- (*Adansonia digitata* L.) en Moyenne et Haute Casamance. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 22(2) : 3446-3454.
37. Miège, J., & Burdet, H. (1968). Etude du genre *Adansonia* L. I. Caryologie [In French]. *Candellea*, 23 : 59-66.
  38. Ndiaye, S., Gaye, A., Fall, S., Diouf, M., & Diallo, I. (2003). Le baobab : Nouvelle plante maraichère du sahel. Fiche technique, ISRA, CORAF/WECARD, FNRAA, 6 p.
  39. Ndour B., & Gaye, A. (1995). Priorisation et utilisation des ligneux à usages multiples dans le bassin arachidier sénégalais [Prioritization and use of multipurpose woody plants in the Senegalese groundnut basin] Rogers, E. (1983). Elements of Diffusion. P. 1-37. Dans *Diffusion of Innovations*, 3 ed. Free Press, New York. 32 (1995) : 127–146.
  40. Nelder, J. A., & Wedderburn, R. W. M. (1972). Modèles linéaires généralisés. *Royal Statistical Society Journal. A* : 135 (3) : 370–384. <https://doi.org/10.2307/2344614>.
  41. Offiah, V. O., & Falade, K. O. (2023). Potentials of baobab in food systems. *Applied Food Research*, 3(1) : 100-299.
  42. Patrut, A., Patrut, R. T., Danthu, P., Leong Pock-Tsy, J.-M., Rakosy, L., Lowy, D. A., & Von Reden, K. F. (2016). AMS radiocarbon dating of large za baobabs (*Adansonia za*) of Madagascar. *PLoS One*, 11(1) : 0146-977.
  43. Pock Tsy, J. L., Lumaret, R., Mayne, D., Vall, A. O. M., Abutaba, Y. I., Sagna, M., Raoseta, S. O. R., & Danthu, P. (2009). Chloroplast DNA phylogeography suggests a West African centre of origin for the baobab, *Adansonia digitata* L. (Bombacoideae, Malvaceae). *Molecular Ecology*, 18(8) : 1707-1715.
  44. Rakotoarisoa, S., et al. (2006). Comparative Study of Seed Morphology and Germination in Baobabs (*Adansonia spp.*) in Madagascar.
  45. Ravaomanalina, H. & Razafimanahaka, J. (2016). *Adansonia grandidieri*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016: e.T30388A64007143.
  46. Royston, J. P. (1982). Algorithm AS 181 : The W test for normality. *Applied Statistics*, 176-180.
  47. Savard, V. (2003). Evaluation du potentiel d'adoption des parcelles maraichères de baobab (*Adansonia digitata* L.) dans la Région de Ségou, au Mali [Evaluation of the adoption potential of baobab (*Adansonia digitata* L.) market garden plots in the Segou Region, Mali], mémoire de Master Université de Laval. 127p.
  48. Shapiro, S.S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete sample). *Biometrika*, 52(3-4) : 591-611.

49. Sidibe, M., & Williams, J. T. (2002). Baobab, *Adansonia Digitata* L. International Centre for Underutilised Crops, Southampton, UK, 99p. ISBN 0854327762.
50. Sidibe M., Dembele B., N'diaye I., & Tembely D. (1994). Technique d'élevage du baobab [Baobab breeding technique]. Note technique du comité Régional de la recherche agronomique, Centre de Niono. IER/ICRAF, Bamako. 1 p.
51. Silva, V. M., Putti, F. F., White, P. J., & Dos Reis, A. R. (2021). Phytic acid accumulation in plants : Biosynthesis pathway regulation and role in human diet. *Plant physiology and biochemistry*, 164 : 132-146.
52. Smith, M. H., Blessing, R., Chelton, J. G., Gentry, J. B., Golley, F. B. & McGinnis, J. T. (1971). Determining density for small mammal populations using a grid and assessment lines. *Acta Theriol*, 16 : 105-126.
53. Tâche, E. & Intercooperation (Bern). (1994). Etude hydrogéologique dans la région du Menabe, Madagascar : dans le cadre de l'Opération Sauvegarde et Aménagement des Forêts-Côte Ouest (SAF-CO). Centre d'hydrogéologie-Université de Neuchâtel.
54. Thiaw, I., Faye, C., Dacosta, H., & Dione, D. (2022). Market gardening and the Economy of Urban and Peri-urban Households in the city of Dakar : Case of the Municipalities of Hann-Bel-Air, Parcelles Assainies, Ouakam and Grand-Yoff Maraîchage et Economie des Ménages Urbains et. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 7, 4.
55. Thiaw, I., Dacosta, H., Mendy, A., & Diop, S. (2021). Cartographie des Changements d'Occupation des Sols entre 1966 et 2020 dans les Communes Périurbaines de Dakar : Cas de Hann Bel-Air, Parcelles Assainies, Ouakam et de Grand-Yoff. *GéoDev.ma*, 9. <http://revues.imist.ma/?journal=geodev>.
56. UICN. (2019). Liste rouge des espèces menacées de l'UICN. Version 2019-3. Disponible sur : [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). (Consulté le 10 décembre 2019).
57. UICN. (2016). Liste rouge des espèces menacées de l'UICN. Version 2016-2. Disponible sur : [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). (Consulté le 4 septembre 2016).
58. von Maydell, H.-J. (1986). Trees and shrubs of the Sahel, their characteristics and uses. (Numéro 196).
59. Wickens, G. E. & Lowe, P. (2008). The baobabs - Pachycauls of Africa, Madagascar and Australia. *Royal Botanic Gardens, Springer, Kew*. 498 p.
60. Wickens, G. E. (1982). The baobab : Africa's upside-down tree. *Kew Bull*, 37 : 173–209.

## **Effet de l'incorporation de concentré alimentaire industriel dans la ration de poulet de souche locale dans la commune de Korhogo (Côte d'Ivoire)**

***Kouadio Kouakou Parfait  
Soro Soronikpoho***

Département de Zootechnie, laboratoire de Biologie, Production et Santé Animale, Institut de Gestion Agropastorale Université Peleforo GON COULIBALY, Korhogo, Côte d'Ivoire

***Kouakou Fokoua Kessia Irène***

Département de Biologie Animale, UFR Sciences Biologiques, Université Peleforo GON COULIBALY, Korhogo, Côte d'Ivoire

***Soro Kouhana***

Département Biochimie, Génétique et Département de Biologie Animale, UFR Sciences Biologiques, Université Peleforo GON COULIBALY, Korhogo, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p86](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p86)

Submitted: 14 October 2024

Accepted: 29 November 2024

Published: 31 December 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Kouadio K.P., Soro S., Kouakou F.K.I. & Soro K. (2024). *Effet de l'incorporation de concentré alimentaire industriel dans la ration de poulet de souche locale dans la commune de Korhogo (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 86.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p86>

### **Résumé**

Des concentrés alimentaires industriels sont développés par des firmes pour améliorer la production de volaille moderne ignorant celle de l'élevage traditionnelle. Les concentrés alimentaires ne peuvent-ils pas être aussi aider à améliorer l'alimentation et la productivité de la volaille traditionnelle. Cette étude vise à rechercher une amélioration de l'alimentation et la productivité des poulets de souche locale par l'incorporation de concentré industriel dans leur ration. Ainsi, pour réaliser cette étude une bande de 80 poussins de souche locale, âgés de 4 semaines ont été répartis en deux lots. Le lot 1 était nourri avec l'aliment témoin et le lot 2 avec l'aliment incorporé de concentré industriel. Ils ont été conduits durant une période de 8 semaines. L'indice de consommation, la masse moyenne, le gain moyen quotidien, le taux de

mortalité des sujets, la température et le taux d'humidité du bâtiment ont été étudiés. À douze semaines d'élevage, les poulets ont enregistré un indice de consommation moyenne de  $3,92 \pm 1,88$  et  $5,1 \pm 2,01$  respectivement pour le lot 1 (témoin) et le lot 2. Une masse moyenne de  $227,5 \pm 3,9$  g pour le lot 2 et  $217,83 \pm 4,1$  g pour le lot 1 (témoin) ont été obtenues. Aucune mortalité des sujets n'a été enregistrée. Les performances de croissance obtenues permettent de déduire que l'incorporation du concentré alimentaire industriel dans le maïs pour nourrir le poulet de souche locale permet d'améliorer la production.

---

**Mots-clés:** Effet, ration, concentré industriel, poulets locaux, performance, Korhogo, Côte d'Ivoire

---

## **Effect of the incorporation of industrial food concentrate in the ration of chickens of local strains in Korhogo commune (Côte d'Ivoire)**

*Kouadio Kouakou Parfait  
Soro Soronikpoho*

Département de Zootechnie, laboratoire de Biologie, Production et Santé Animale, Institut de Gestion Agropastorale Université Peleforo GON COULIBALY, Korhogo, Côte d'Ivoire

*Kouakou Fokoua Kessia Irène*

Département de Biologie Animale, UFR Sciences Biologiques, Université Peleforo GON COULIBALY, Korhogo, Côte d'Ivoire

*Soro Kouhana*

Département Biochimie, Génétique et Département de Biologie Animale, UFR Sciences Biologiques, Université Peleforo GON COULIBALY, Korhogo, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

Industrial feed concentrates are developed by firms to improve modern poultry production ignoring that of traditional breeding. Can't feed concentrates also help improve the feeding and productivity of traditional poultry? This study aims to seek an improvement in the feeding and productivity of local breed chickens by incorporating industrial concentrate into their ration. Thus, to carry out this study, a group of 80 local breed chicks aged 4 weeks were divided into two batches. Batch 1 was fed with the control feed and batch 2 with the feed incorporated with industrial concentrate. They were raised for a period of 8 weeks. The consumption index, growth, average daily gain, mortality rate of the subjects, and temperature and humidity level

of the building were studied. At twelve weeks of breeding, the chickens recorded an average feed conversion index of  $3.92 \pm 1.88$  and  $5.1 \pm 2.01$  respectively for batch 1 (control) and batch 2. An average weight of  $227.5 \pm 3.9$  g for batch 2 and  $217.83 \pm 4.1$  g for batch 1 (control) were obtained. No mortality of the subjects was recorded. The growth performances obtained allow us to deduce that the incorporation of industrial feed concentrates into corn to feed local chickens improves production.

---

**Keywords:** Effect, ration, industrial concentrate, local chickens, performance, Korhogo, Ivory Coast

## Introduction

Dans les pays de l'Afrique occidentale, en raison du fort taux d'urbanisation et de la démographie galopante, le déficit en protéines d'origine animale devient de plus en plus important (Fages et Bricas, 2017). Pour pallier ce déficit, une transformation profonde du modèle alimentaire a été induite dans des pays de l'Afrique subsaharienne (Cathy et Gwenaëlle, 2018). Ainsi, pour lutter contre la pauvreté et assurer la sécurité alimentaire, de nouvelles stratégies de développement à court terme de la production animale ont été mises en place dans plusieurs pays d'Afrique. Ces stratégies sont basées sur les espèces à cycle court (MIRAH, 2014). En Côte d'Ivoire, l'élevage de volailles a été pris en compte dans les politiques de développement. L'aviculture traditionnelle assure environ 70 % des besoins en viande de la population en Côte d'Ivoire (Kouassi, 2018). Cependant, le poulet de souche locale, appelé "poulet bicyclette", élevé toujours de façon traditionnelle n'a pas encore pu s'imposer à l'élevage de grande échelle en raison de sa faible productivité. En effet, ces volailles divaguent pour la recherche de nourriture (Sonaiya, 1990 ; Brou *et al.*, 2020). Toutefois, l'effectif de poulet de souche locale n'a cessé de croître en Côte d'Ivoire. La production locale actuelle couvre les besoins en viande de volaille (Bath, 2024).

En outre, elle est soumise à des contraintes telles que la taille du poulet de souche locale jugé trop petit, l'indisponibilité des matières premières, l'insuffisance de compléments alimentaires de qualité, le coût élevé des ingrédients alimentaires industriels, l'insuffisance de prophylaxie médicale et sanitaire (Brou *et al.*, 2020). À cela s'ajoute le taux de ponte d'œufs faible des poulets de souche locale et souvent des difficultés à la commercialisation des produits qui en découlent (Ayssiwede *et al.*, 2013). Cependant, la volaille traditionnelle joue un rôle socio-économique et culturelle important (Nahimana *et al.*, 2019). Elle constitue une source de revenus permettant d'assurer la sécurité alimentaire des populations rurales. Ainsi, les nouveaux programmes de développement du secteur de l'élevage en Côte d'Ivoire s'orientent vers la promotion des espèces à cycle court dont les poulets

traditionnels. Aujourd'hui, la priorité actuelle de l'Etat Ivoirien en matière de production animale est d'améliorer la productivité de l'aviculture traditionnelle (Brou *et al.*, 2020). En Côte d'Ivoire, la région des savanes fournit 35 % de l'effectif total de volaille dont 15 % proviennent du département de Korhogo (Kouassi, 2018). Dans ce département, 65 % des ménages disposent de volailles traditionnelles (Kouassi, 2018).

Cependant, les poulets de souches locales sur le plan zootechnique ont une croissance lente, une ponte tardive et une faible productivité liée aussi à la qualité et la disponibilité de l'aliment (Ayssiwede *et al.*, 2013). Ajouter à cela les coûts élevés des matières premières utilisées dans l'alimentation des volailles. Aujourd'hui des concentrés alimentaires industriels sont développés pour améliorer la production de volaille moderne ignorant celle de l'élevage traditionnelle. Alors que ces concentrés alimentaires peuvent être un meilleur moyen pour aider à améliorer l'alimentation et la productivité de la volaille traditionnelle.

C'est dans ce contexte que se situe notre étude : « Effet de l'incorporation de concentré alimentaire industriel dans la ration des poulets de souches locales sur les performances de croissance en claustration dans une basse cours en période de croissance dans la commune de Korhogo (Côte d'Ivoire) ».

Cette étude a pour d'améliorer la productivité des poulets de souche locale par l'incorporation de concentré industriel dans leur ration. De façon spécifique il s'agit de déterminer la température et le taux d'humidité dans le bâtiment d'élevage, d'évaluer la consommation du poulet de souche locale de l'alimentation à base de concentré industriel et d'évaluer les performances de croissance.

## **Materiel et Methodes**

### **Materiel**

L'étude s'est déroulée dans un poulailler situé au quartier 14 dans la commune de Korhogo, du 20 avril au 21 juin 2022, pendant la saison pluvieuse. Le matériel biologique était constitué de 80 poulets de souche locale âgés de 4 semaines. Ils ont subi le stade de démarrage avec l'aliment industriel démarrage en miette. Le matériel technique d'élevage utilisé au cours de cette étude est constitué d'un bâtiment d'élevage divisé en 2 compartiments. Les dimensions d'un compartiment sont : longueur 2,10 mètres et largeur 1,90 mètre. Quatre (4) mangeoires de 2<sup>ème</sup> age en PVC ont été utilisées pour l'alimentation ; et huit (8) abreuvoirs de capacité 1,5 l pour l'abreuvement. Une cage de transport en PVC de poulets a servi à les déplacer ou à les contenir. La litière utilisée pour l'élevage des poulets était essentielle composée de balles de riz collecté dans une meunerie. Des produits vétérinaires et d'entretien ont été utilisés au cours de la conduite d'élevage

Une balance numérique de portée 5 kg de précision 1g, de marque Tefal Saphir a servi pour la pesée des poulets, et un peson électronique pour la pesée de l'aliment. Une fiche technique a été utilisée pour l'enregistrement des différents paramètres zootechniques. Pour la prophylaxie sanitaire, un bactéricide a été utilisé pour la désinfection après nettoyage des poulaillers. Concernant la prophylaxie médicale, un antibiotique (Trysuline) et un anticoccidien (Supercox plus) ont été utilisés. De plus un complément alimentaire vitaminé leur a été administré quand cela était nécessaire. Un thermo-hygromètre de marque HTC-1 a servi à relever la température et l'humidité du bâtiment d'élevage.

## **Methodes**

### **Dispositif expérimental**

Le bâtiment d'élevage des poulets a été désinfecté à l'aide d'un bactéricide (Virunet) mélangé avec de l'eau puis pulvérisé quelques heures avant la mise en place des sujets. Pour l'étude, quatre-vingts poussins de l'espèce de souche locale ont été répartis en deux lots de 40 poussins âgés de 4 semaines. Le lot 1 (témoin) a été nourri avec l'aliment croissance industriel en miette et le lot 2, a reçu du maïs mélange avec le concentré alimentaire industriel. Les lots ont été attribués de façon aléatoire aux différents régimes alimentaires et ont subi le même traitement sanitaire du début jusqu'à la fin de l'étude. L'essai s'est déroulé pendant la période de croissance des sujets et a duré 8 semaines.

Pour la conduite de l'élevage, très tôt le matin, les abreuvoirs et les mangeoires ont été retirés, nettoyés, lavés avec de l'eau savonnée et rincée à l'eau. Ensuite, l'eau est distribuée régulièrement à volonté aux sujets tous les jours. Quant à la ration journalière de chaque lot, l'aliment a été pesé et divisé en trois parties avant d'être distribuée dans les mangeoires au cours de la journée (matin, midi et soir). Le suivi sanitaire a été effectué selon différentes étapes successives : A l'arrivée des poussins, ils ont reçu de l'eau vitaminée (Sequ-vit). Du deuxième au septième jour, les sujets ont reçu de l'anticoccidien (Supercox plus). Tous les traitements prophylactiques ont été réalisés dans l'eau de boisson. Au cours de la transition alimentaire l'anticoccidien leur a été administré à la dose prescrite.

La phase de démarrage a duré quatre semaines, tous les sujets ont été alimentés avec l'aliment industriel démarrage en miette. L'expérimentation proprement dite a duré 8 semaines. Elle a commencé par la répartition des poussins âgés de 4 semaines en deux lots de 40 sujets dans 2 compartiments ayant une surface de 3,99 m<sup>2</sup>. Le lot 1 constitue le témoin. Ce lot a été nourri avec l'aliment industriel de croissance en miette. Le lot 2 a été nourris avec un aliment composé de 35,7 % de concentré industriel et 64,3 % de maïs. Ils ont été nourris avec une ration alimentaire quotidienne de 30 g qui est augmenté

de 5g chaque semaine, pendant une période de 4 semaines. Le relevé de la température et de l'hygrométrie se font chaque matin et l'après-midi.

### **Mesure de la température, du taux d'humidité et des paramètres de croissance**

#### **Mesure de la température hebdomadaire moyenne et le taux d'humidité du bâtiment d'élevage**

La température moyenne et le taux humidité moyen par jour du bâtiment d'élevage ont été enregistrés durant l'étude. Ensuite, la température moyenne hebdomadaire (TMh) a été calculée à l'aide de la manière suivante :

$$TMh (^{\circ}C) = \frac{[\sum \text{température moyenne par jour}]}{7} \quad (1)$$

Le taux d'humidité moyen hebdomadaire (Hmh) du bâtiment a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Hmh (\%) = \frac{[\sum \text{taux d'humidité moyen par jour}]}{7} \quad (2)$$

#### **Mesure des paramètres de croissance des poulets de souches locales**

Pour l'évaluation des paramètres zootechniques, les sujets ont été pesés tous les 7 jours. Les refus des aliments ont été collectés et pesés tous les matins afin d'évaluer les quantités ingérées. Les paramètres de consommation et de croissance ont été calculés. Les quantités d'aliments consommés, les poids vifs, le nombre de morts, l'effectif en début et à la fin de la production et la température ont permis de calculer la Masse Moyenne (MM), le Gain Moyen Quotidien (GMQ), l'indice de Consommation (IC), le Taux de Mortalité (TM).

#### **Indice de consommation (IC)**

Il a été calculé en faisant le rapport de la quantité moyenne d'aliment consommée pendant une période sur le gain de masse moyen durant cette même période :

$$IC = \frac{\text{Quantité totale d'aliment consommée pendant une période}}{\text{Gain de masse moyen durant la même période}} \quad (3)$$

#### **➤ Masse Moyenne (MM)**

La Masse Moyenne (PM) est déterminée en faisant le rapport de la somme des masses des sujets pesés par l'effectif des poussins pesés :

$$MM (g) = \frac{\text{Somme des masses des individus pesés}}{\text{Effectif des individus}} \quad (4)$$

➤ **Gain Moyen Quotidien (GMQ)**

Le Gain Moyen Quotidien des sujets a été calculé en faisant le rapport du gain de masse moyen pendant une période sur la durée en jours. La formule est la suivante :

$$GMQ \left( \frac{g}{j} \right) = \frac{\text{Gain de masse pendant la période (g)}}{\text{Durée de la période d'élevage}} \quad (5)$$

➤ **Taux de Mortalité (TM)**

Le taux de mortalité enregistré a été déterminé à partir de la formule suivante :

$$TM(\%) = \frac{\text{Nombre de sujets morts}}{\text{Nombre de sujets mise en place}} \times 100 \quad (6)$$

## **Analyse et traitement statistique des données**

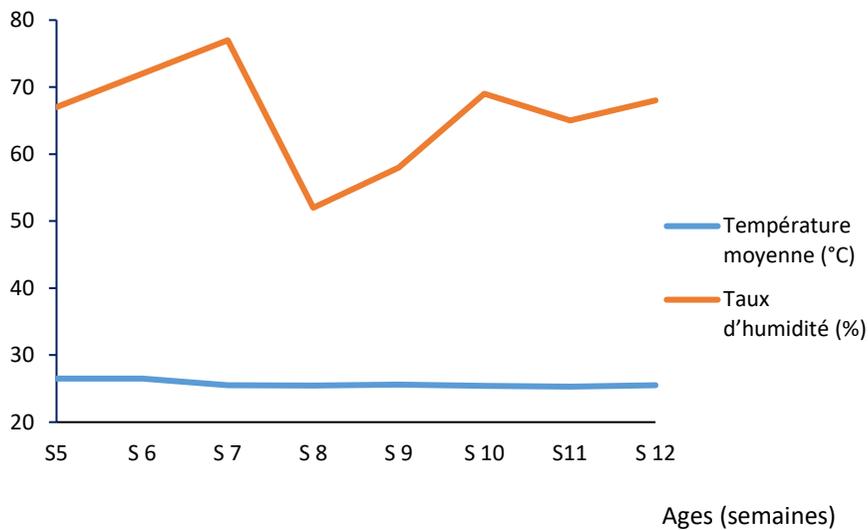
L'effet de l'aliment sur la croissance a été analysé par un test de l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur (l'alimentation) en fonction des rations et de l'âge des poulets. Ainsi, les moyennes ont été comparées par le test de Turkey post ANOVA au seuil de signification de 5 % à l'aide du logiciel R 3.0.1. La croissance pondérale des poulets a été déterminée et représentée par des histogrammes. Les températures moyennes et les taux d'humidité ont été représentées par des courbes.

## **Résultats et Discussion**

### **Résultats**

#### **Température moyenne hebdomadaire et taux d'humidité moyen hebdomadaire**

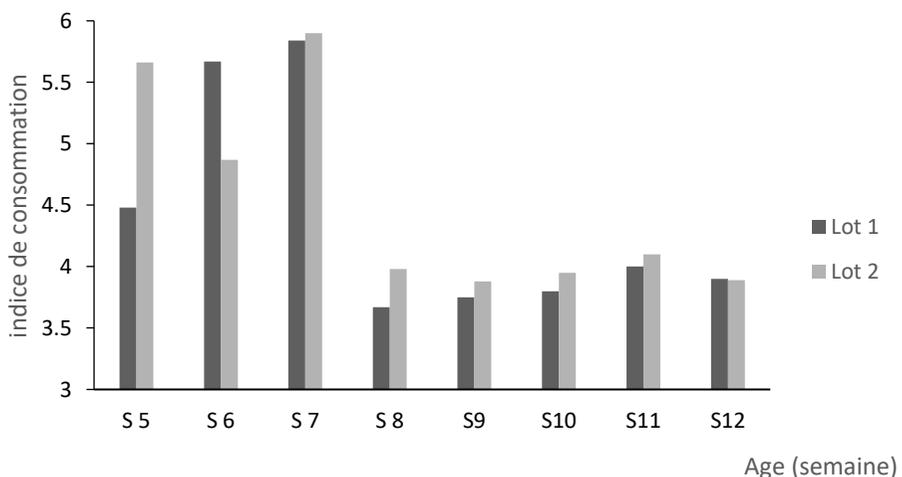
Les températures moyennes par semaine (TMh) varient entre  $25,50 \pm 6,36$  °C et  $26,5 \pm 7,78$  °C tout le long de l'expérimentation. Elle est passée de  $26,5 \pm 7,78$  °C de la 5<sup>ème</sup> à la 6<sup>ème</sup> semaine à  $25,50 \pm 6,36$  °C et à  $25,50 \pm 5,36$  à la 12<sup>ème</sup> semaine. Le taux d'humidité moyen hebdomadaire (Hmh) du bâtiment d'élevage varie de 52 % à 77 %. Ces résultats sont présentés sur la figure 1.



**Figure 1 :** Évolution de la température moyenne hebdomadaire et le taux moyen d'humidité hebdomadaire dans le bâtiment d'élevage

### Performance de croissance des poulets de souche locale Indice de Consommation (IC) des poulets de souche locale

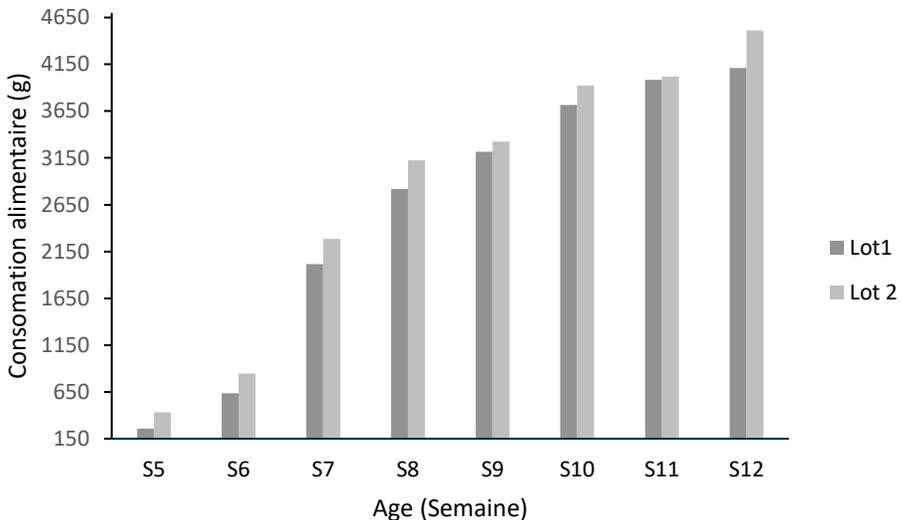
Au cours de cette étude, l'indice de consommation moyen qui était de  $4,8 \pm 0,1$  pour le lot 1 et  $5,66 \pm 1,01$  pour le lot 2 ont augmenté à la septième semaine d'âge à  $5,84 \pm 0,98$  et  $5,9 \pm 1,32$  respectivement pour le lot 1 et le lot 2. Ensuite, il diminue pour atteindre  $3,67 \pm 1,72$  et  $3,98 \pm 1,98$  à la douzième semaine. L'indice de consommation moyenne était de  $3,92 \pm 1,88$  et  $5,1 \pm 2,01$  respectivement pour le lot 1 et le lot 2. Ces résultats sont représentés par la figure 2.



**Figure 2 :** Evolution de l'indice de consommation des lots en fonction de l'âge

### Consommation Alimentaire (CA) des poulets de souche locale

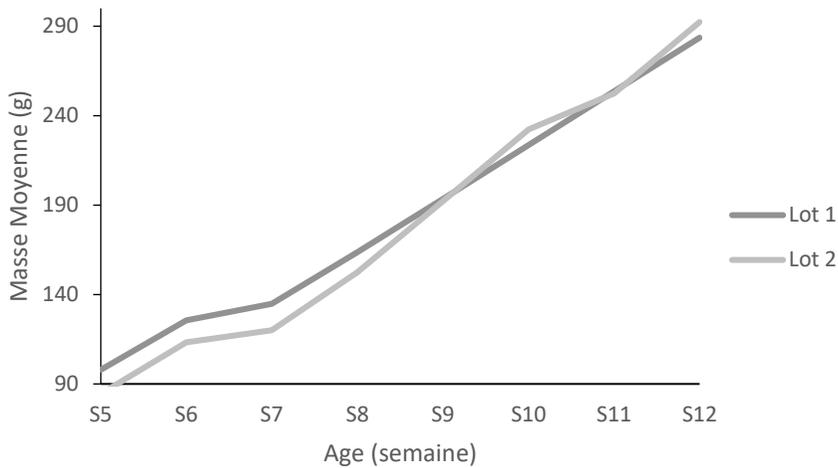
La consommation Alimentaire des sujets du lot 2 au cours de l'expérience qui était de 431g à la 5<sup>ème</sup> semaine d'âge, a augmenté à partir de la sixième semaine pour atteindre 4450 g à la 12<sup>ème</sup> semaine. Quant au lot 1, la consommation qui était de 259 g augmente en fonction de l'âge pour atteindre 4150g. La consommation alimentaire du lot 2 est plus élevée que celle du lot 1 au cours de cette expérience. Les quantités d'aliments consommées par semaine sont présentées sur la figure 3.



**Figure 3:** Evolution de la consommation alimentaire des lots en fonction de l'âge

### Masse Moyenne (MM) des poulets de souche locale

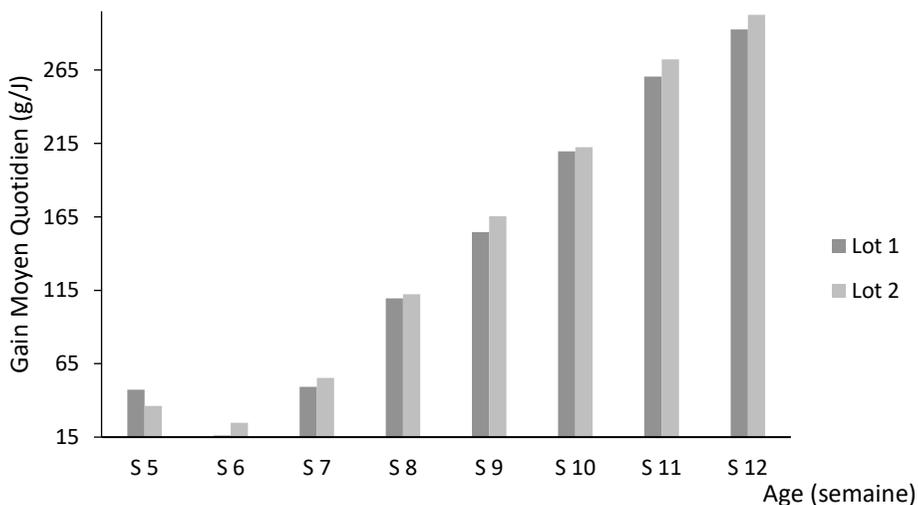
La Masse Moyenne du lot 2 étudiée évolue presque similairement à celui du lot 1 témoin. En passant de 84,5 g±5,12 à 113,25 g± 10,09 pour le lot 2 et de 97,92 g± 6,21 à 125,5 g± 9,58 pour le lot 1 de la cinquième à la sixième semaine. De la huitième à la douzième semaine, il y a une légère chute de la Masse Moyenne du lot 2 par rapport à celui du lot 1 témoin. La figure 4 illustre l'évolution du Masse Moyenne pondérale du lot 1 et du lot 2.



**Figure 4:** Evolution pondérale des lots en fonction de l'âge

### Gain Moyen Quotidien (GMQ) et Taux de Mortalité des poulets

Le gain moyen quotidien (GMQ) régresse entre la cinquième à la sixième semaine d'âge des poulets de souche locale. De la sixième à la douzième semaine, le GMQ augmente. Le lot 1 à un gain moyen quotidien qui varie entre  $16 \text{ g/j} \pm 2,05$  et  $292,53 \text{ g/j} \pm 3,6$  et le lot 2 entre  $24,86 \text{ g/j} \pm 2,72$  et  $302,54 \text{ g/j} \pm 3,92$ . Cependant, sur la durée de l'expérimentation le gain moyen quotidien des poulets du lot 1 est inférieur ( $292,53 \text{ g/j}$ ) à celui des poulets du lot 2 ( $302,54 \text{ g/j}$ ). Ces résultats sont représentés par la figure 5. Au cours du cycle de production, aucune mortalité n'a été enregistrée.



**Figure 5:** Evolution du Gain Moyen Quotidien des lots en fonction de l'âge

## Discussion

Dans le cadre de cette étude, la température varie entre  $25,50 \pm 6,36$  °C et  $26,5 \pm 7,78$  °C et le taux moyen d'humidité du bâtiment d'élevage varie aussi de 52 % à 77 %. Cette variation environnementale serait dû au climat de la zone tropicale. D'après Aviagen (2018) les variations de température affectent l'efficacité de la transformation alimentaire. Lorsqu'il fait froid il y a diminution de l'ingestion alimentaire et lors d'un fort ensoleillement l'ingestion alimentaire est élevée. Ainsi, quand la température ambiante est trop froide, l'aliment serait plus utilisé pour la production de chaleur que pour la croissance.

Concernant l'indice de consommation relevé au cours de cette étude, il est de 3,92 et 5,1 respectivement pour les lots 1 et 2. Manh (2015) lors des études a obtenu un indice de consommation de  $2,1 \pm 0,7$  chez les poulets de chair. Ces résultats sont inférieurs à celui de notre étude. Cet écart entre avec l'indice de consommation que nous avons enregistré serait dû au fait que les poulets de chair transformeraient en général mieux les aliments qu'ils ingèrent contrairement aux poulets de race locale du fait de leur potentiel de croissance plus élevé. En revanche d'autres auteurs tels que Buldgen *et al.* (1992) et Halima *et al.* (2007) ont obtenu respectivement un indice de consommation de 3,05 et 5,9. Les résultats de notre étude confirment ceux des derniers auteurs cités. Cela signifierait qu'une grande quantité d'aliment a été utilisée pour obtenir une masse corporelle faible. Cela corrobore la thèse qui soutient que les poulet de souche locale consomment beaucoup d'aliment pour produire de la chair.

Ainsi, au niveau de la masse moyenne, ont été obtenus 283,58 g pour le lot 1 et 292,33 g pour le lot 2 à 12 semaines. Selon les travaux de Loukou *et al.* (2017) la masse moyenne devrait être comprise entre 332 g à 653 g à cet âge. Ces résultats sont supérieurs à ceux de notre étude. Cependant les sujets du lot 2 qui étaient nourris avec le concentré industriel additionné au maïs ont obtenu un gain de masse plus élevé à la fin que les poulets du lot 1 nourris avec l'aliment industriel en miette. Cela s'expliquerait par la qualité d'aliments nutritionnel du concentré qui ne pourrait pas couvrir les besoins nécessaires de la souche, et aussi lié à la souche de volaille utilisée. Cette souche locale est imputable au degré de métissage de la poule locale qui subit des croisements en milieu rural avec des coqs de races exotiques. Aussi cela pourrait être dû à la composition et qualité des matières premières utilisées pour la fabrication de l'aliment de base dans le magasin de la ville. Manh (2015) a obtenu un gain moyen quotidien de 38,38 g/j qui est inférieur à ceux de notre étude (292,53 g/j) et 302,04 g/j respectivement pour les lots 1 et 2. En effet, selon les études génotypiques réalisées par Loukou *et al.* (2017), les poulets de souche locale ont une croissance très lente par rapport aux poulets de races exogènes.

En ce qui concerne le taux de mortalité, aucune mortalité n'a été enregistrée. Ces résultats sont contraires à ceux de Kouadio *et al.* (2010) qui ont enregistré un taux de mortalité de 2,56 % en élevage semi-intensif. Cela est dû peut-être à la qualité d'aliment et aux conditions sanitaires dans l'élevage, et aussi de l'état de santé des poussins à la sortie du couvoir. L'absence de mortalité des poussins, constatée dans cette étude est comparable à ceux de Balezi, (2002) qui n'ont rapporté aucun effet néfaste en incorporant 4 %, 8 % et 12 % de farine de termites torréfiés dans la ration des poulets de chair au Sud Kivu en République Démocratique du Congo. Cela pourrait se justifier par le suivi de la prophylaxie médicale et sanitaire conseillée et aussi de la rusticité de la souche locale de poulet face aux variations des conditions d'élevage

### **Conclusion**

Au terme de cette étude, les résultats montrent que les poulets de souche locale appelés poulet 'bicyclette' nourri avec le concentré alimentaire industriel additionné au maïs ont obtenu les meilleures performances de croissance. Le concentré alimentaire industriel peut être ainsi incorporé dans l'alimentation des poulets de souche locale. Cependant, une étude technico-économique et financière serait nécessaire pour permettre de mieux conseiller le concentré alimentaire industriel en élevage traditionnel de volaille. De plus une autre étude doit être réalisée aussi bien en station qu'en milieu naturel sur une période encore plus longue afin d'évaluer les performances de croissance et de reproduction chez les poulets recevant la ration à base de concentré alimentaire industriel. Les résultats obtenus permettront une véritable promotion et vulgarisation de l'utilisation de concentré en alimentation de volailles de souche locale. De même une étude sur la qualité organoleptique et nutritionnelle de la viande de poulet et les œufs serait aussi nécessaire.

### **Déclarations d'approbation éthique**

Cette étude a été réalisée conformément aux normes requises pour l'élevage de volaille. L'approbation ne s'applique pas à cette étude sur l'effet de l'incorporation de concentré alimentaire industriel dans la ration de poulet de souche locale dans la commune de Korhogo (Côte d'Ivoire). Cette étude a été réalisée dans le respect des animaux. Les animaux n'ont subi aucun traumatisme.

**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. Aviagen (2018). *Guide d'élevage du poulet de chair* 2018. [www.aviagen.com](http://www.aviagen.com) ; ROSS, consulté le 9/08/2022.
2. Ayssiwede, S. B., Dieng A., Houinato M. R. B., Chrysostome, C. A. A. M., Issay I., Hornick J. L. & Missohou. A. (2013). *Elevage des poulets traditionnels ou indigènes au Sénégal et en Afrique Subsaharienne : état des lieux et contraintes*. Ann. Méd. Vét., 157, 103-119.
3. Bath, I. (2024). *Filière avicole : La Côte d'Ivoire fait un bond qualificatif ; les chiffres qui l'attestent*. AfrikMonde.com. <https://afrikmonde.com/filiere-avicole-la-cote-divoire-fait-un-bond-qualificatif-les-chiffres-qui-lattestent/>
4. Buldgen, A., Detimmerman, F., Sall, B., & Compère, R. (1992). *Etude des paramètres démographiques et zootechniques de la poule locale du bassin arachidier sénégalais*. Revue d'élevage Et De médecine vétérinaire Des Pays Tropicaux, 45(3-4), 341-347. <https://doi.org/10.19182/remvt.8929>.
5. Brou, G. K. G., Adou, C. F. D., Kouassi, K. D. & Diomande, D. (2020). *Analyse technique de l'élevage du poulet traditionnel en milieu rural dans le département de Dimbokro en Côte d'Ivoire*. Agronomie Africaine 32 (2) : 121 - 134 (2020).
6. Cathy, C. & Gwenaëlle, R. (2018). *Population, peuplement et agriculture en Afrique subsaharienne : vers un changement de paradigme*, Espace populations sociétés [En ligne], 2018/3 | 2018, mis en ligne le 30 janvier 2019, <http://journals.openedition.org/eps/8366>; DOI : <https://doi.org/10.4000/eps.8366>
7. Fages, R., Bricas, N. (2017). *L'alimentation des villes. Quels rôles des collectivités du Sud?*, Paris AFD, 56 p. <https://www.afd.fr/fr/lafd-et-l-alimentation-des-villes>
8. FAO (2005). *Profil de projet d'investissement bancable. Appui à l'aviculture traditionnelle, aux petits élevages porcins et à l'aulacodiculture* (agoutis), Vol.III et VI, 7p.
9. Gondwe, N. B., Wollny C. A. & Kaumbata, W. T. (2005). *Marketing system and channels for scavenging local chickens in Lilongwe, Malawi*. Livestock Research for Rural Development (LRRD), 17: 3, 14p.
10. Halima, H., Frederick N., Este, van M-K. & André, de K. (2007). *Phenotypic variation of native chicken populations in northwest*

- Ethiopia*. Tropical animal health and production. 39. 507-13. 10.1007/s11250-007-9032-2.
11. Kouadio, K. E., Kouao, B. J., Fantodji, A. & Yapi A. Y. L. (2010). *Influence du système d'élevage sur la mortalité des poulets locaux de Côte d'Ivoire (Gallus gallus domesticus (Brès ; 1973)) de l'éclosion au stade adulte*, Journal of Applied Biosciences : 32. 2024-2026 p.
  12. Kouassi, K. N. (2018). *Détermination du coût de production et de la période optimale de mise en vente de 1100 poulets de chair : cas de la ferme de Mr Clément dans la région d'Agnibilekro*. Mémoire de Licence, Institut de Gestion Agropastorale, Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, 43p.
  13. Loukou, N. E., Soro, B., Kreman, K., Konan, J. C. B. Y. N., Bassouhoké, K. A., Krossad, K. S. & Yapi-Gnaoré, C. V. (2017). *Elevage de la poule locale et de son hybride (Croisé avec un mâle ou une femelle exotique) en Côte d'Ivoire*. Production animale en Afrique de l'Ouest, fiche de synthèse n°51, CIRDES, CNRA, p 1-4.
  14. Manh, C. M. B. (2015). *Gestion technique d'une ferme avicole : cas de l'élevage de poulets de chair (Gallus gallus domestique)*. Thèse de Mémoire de cycle Master, IGA /Université Peleforo GON Coulibaly de Korhogo, 59p.
  15. MIRAH (Ministère des Ressources Animales et Halieutiques) (2014). *Plan Stratégique de Développement de l'élevage, de la Pêche et de l'aquaculture en Côte d'Ivoire (PSDEPA 2014-2020). Tome I: Diagnostic-Stratégie de développement-Orientations*. Abidjan, Côte d'Ivoire, 102p.
  16. Munyuli, T. B. M., Balezi, N. (2002). *Utilisation des blattes et des termites comme substituts potentiels de la farine de viande dans l'alimentation des poulets de chair au Sud-Kivu, République Démocratique du Congo*, Tropicultura. p 10-16.
  17. Mushambanyi ,T.M. B. & Balezi, N. (2002).*Utilisation des blattes et des termites comme substituts potentiels de la farine de viande dans l'alimentation des poulets de chair au Sud-Kivu, République Démocratique du Congo*, Tropicultura. p 10-16.
  18. Nahimana, G., Ossebi, W., Missohou, A. & Ayssiwede, S. B.(2019). *Analyse de l'importance socio-économique de l'aviculture familiale dans le Département de Salemata au Sénégal*. Int. J. Biol. Chem. Sci. 13(7): 3131-3143, December 2019 ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)
  19. Sonaiya, E. B. (1990).*Poultry husbandry in small rural farms*. Entwicklung ländlicher raum,4,3-6.

## Peritonite Biliaire Primitive Chez l'Enfant : À Propos de Deux Cas au CHUD Borgou-Alibori, Parakou

*Edwige Lawin*

*Armel Ayaovi Hadonou*

*Fabrice Doha*

*Mouhamed Issa*

Service de Chirurgie Générale, CHUD-B/A de Parakou

*Bio Tamou Sambo*

Service de Chirurgie Générale, CHUD-B/A de Parakou

Faculté de médecine, Université de Parakou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p100](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p100)

Submitted: 21 August 2024

Accepted: 28 November 2024

Published: 31 December 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Lawin E., Hadonou A.A., Doha F., Issa M. & Tamou Sambo B. (2024). *Peritonite Biliaire Primitive Chez l'Enfant : À Propos de Deux Cas au CHUD Borgou-Alibori, Parakou*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 100.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p100>

### Résumé

**Introduction :** La péritonite aigue généralisée est une urgence médico chirurgicale fréquente chez l'enfant dont les étiologies sont diverses. Nous rapportons deux cas rares de péritonite biliaire primitive chez l'enfant dont les suites opératoires ont été simples. **Observation clinique :** il s'agissait de deux garçons âgés de 07 et 11 ans admis aux urgences pour une douleur abdominale évoluant depuis trois semaines au moins chez qui le diagnostic initial de péritonite aigue généralisée par perforation iléale d'origine typhique probable a été posé. Ils ont tous deux bénéficié d'une laparotomie qui a permis de découvrir une perforation vésiculaire dans le premier cas et une association de perforation vésiculaire et iléale dans l'autre cas. Il a été réalisé une cholécystectomie chez les deux, une résection anastomose iléale chez le second, un lavage et drainage péritonéal. **Conclusion :** la perforation vésiculaire est une lésion rare chez l'enfant et on doit y penser devant une péritonite aigue chez l'enfant.

**Mots-clés:** Péritonite biliaire, enfant, CHUD/B-A, Parakou

## Children's Primary Biliary Peritonitis: Two Cases at CHUD Borgou-Alibori, Parakou

*Edwige Lawin*

*Armél Ayaovi Hadonou*

*Fabrice Doha*

*Mouhamed Issa*

Service de Chirurgie Générale, CHUD-B/A de Parakou

*Bio Tamou Sambo*

Service de Chirurgie Générale, CHUD-B/A de Parakou

Faculté de médecine, Université de Parakou, Bénin

---

### Abstract

**Introduction:** Acute generalized peritonitis is a common medical-surgical emergency with various etiologies. We report two rare cases of primary biliary peritonitis in children at CHUD/B-A whose surgical outcomes were favorable. **Clinical observation:** These were two male children aged 07 and 11 years admitted to the emergency department for abdominal pain that had been evolving for at least three weeks for whom the initial diagnosis of acute generalized peritonitis by ileal perforation of probable typic origin was made. They both underwent a laparotomy which revealed vesicular perforation in the first case and a combination of vesicular and ileal perforation in the other. A cholecystectomy was performed in both, an ileal anastomosis resection in the second, and peritoneal lavage and drainage. **Conclusion:** vesicular perforation is a rare lesion in children and should be considered in the case of peritonitis

---

**Keywords:** Biliary peritonitis, child, CHUD/B-A, Parakou

### Introduction

La péritonite biliaire désigne tout épanchement bilieux intrapéritonéal, septique ou non, localisé ou généralisé, dont l'origine est une fuite biliaire pouvant provenir de tout endroit du conduit biliaire, depuis le canalicule intrahépatique jusqu'au cholédoque rétro-pancréatique (Faysse, 1986). La rareté relative de cette affection et sa gravité nous incitent à en rapporter deux cas chez l'enfant au CHUD B-A.

### Observations

**1<sup>er</sup> cas :** il s'agissait d'un jeune garçon de 7ans ; admis le 12/10/2021 aux urgences pour une douleur abdominale diffuse évoluant depuis trois semaines dans un contexte fébrile traité sans succès par automédication.

L'examen clinique à l'admission avait noté :

- Un mauvais état général ;
- Un syndrome infectieux : fièvre à 39°C, tachycardie à 140bpm
- Un syndrome d'irritation péritonéale : défense abdominale généralisée ; cri de l'ombilic

Le bilan réalisé :

- La numération formule sanguine avait noté une hyperleucocytose à 12G/L à prédominance neutrophile
- L'échographie abdominale avait conclu à une péritonite
- La radiographie de l'ASP notait une grisaille diffuse

Devant ce tableau, le diagnostic préopératoire d'une péritonite par perforation appendiculaire avait été posé.

Après une courte réanimation médicale, le patient a bénéficié d'une laparotomie ayant permis de découvrir une vésicule biliaire dilatée recouverte de fausses membranes et une perforation punctiforme (figure 1) sur son corps faisant sourdre de la bile. Le diagnostic de perforation vésiculaire a été posé. Il a bénéficié d'une cholécystectomie ; un lavage et drainage de la cavité péritonéale.

Mis sous ceftriaxone 50mg/kg/12h ; métronidazole 10mg/kg/08h; paracétamol injectable 15mg/kg/6h et hydratation à 1,5l/24h ; l'évolution a été favorable et l'enfant a été mis en exéat au 10eme jour postopératoire.

**2eme Cas** : il s'agissait d'un jeune garçon de 13 ans reçu aux urgences pédiatriques le 14/08/2023 pour un syndrome d'irritation péritonéale. L'anamnèse avait retrouvé à l'admission une douleur abdominale évoluant depuis un mois ; initialement localisée en région péri ombilicale avec une notion de fièvre ; céphalées ; vertiges traité à domicile par phytothérapie sans succès.

L'examen clinique à l'admission avait permis de noter :

- Un mauvais état générale; patient dénutri
- Un syndrome infectieux avec une fièvre à 38°C ; une tachycardie à 130bpm et polypnée à 30cpm
- Un syndrome d'irritation péritonéale avec défense abdominale généralisée ; cri de l'ombilic et un cri de douglas

Le bilan para clinique retrouvait :

- Une anémie avec un taux d'hémoglobine à 10,4g/dl
- Une hyperleucocytose à 21G/L avec une prédominance neutrophile
- Une hyponatrémie à 127meq/l

- Une grisaille diffuse avec un croissant gazeux inter-hépatodiaphragmatique à l'ASP

Devant ce tableau le diagnostic pré opératoire d'une péritonite aigue par perforation iléale d'origine typhique probable avait été posé.

Après une courte réanimation médicale, il a bénéficié d'une laparotomie médiane qui nous a permis de découvrir une perforation (figure 2) ovale d'environ 1cm sur le corps de la vésicule biliaire et 6autres perforations (figure 3) ovales de différentes taille sur l'iléon dont la dernière est à 25cm du carrefour iléo caecal. Les gestes effectués étaient une cholécystectomie; une résection anastomose iléale termino terminale; une appendicectomie complémentaire; un lavage et drainage péritonéale.



**Figure 1 :** perforation vésiculaire  
(12/10/2021)



**Figure 2 :** perforation vésiculaire  
(14/08/2023)



**Figure 3 :** perforation iléale multiple  
(14/08/2023)

Les soins postopératoires étaient fait de ceftriaxone + sulbactam à la posologie de 50mg/kg/12h; du paracétamol injectable à 15mg/kg/6h et d'hydratation à 2l/24h; L'évolution avait été favorable puis le patient est sorti au 14eme jour post opératoire.

## Commentaires

La péritonite biliaire primitive est une entité relativement peu fréquente dans la population en générale et en particulier chez l'enfant. Les étiologies les plus fréquemment rapportés sont la perforation iléale d'origine typhique; l'origine appendiculaire et la perforation gastrique ou duodénale d'origine ulcéreuse (Sambo, Keita, 2017, 2023).

Seulement quelques cas de perforation vésiculaire ont été rapportés dans la littérature. Ainsi dans la population générale sa fréquence a été estimée à 0, 6% par Bélemlilga (2023) dans une étude menée sur 10ans au Burkina Faso. Mirza (2010) dans un service de chirurgie pédiatrique au Pakistan a rapporté 5 cas en trois ans. Sakiye (2018) a rapporté une fréquence de 8% de péritonite biliaire dans une étude réalisée dans le service de Chirurgie pédiatrique de l'hôpital Saint Joseph de Datcha au Togo.

Au plan diagnostique il n'existe pas de signes cliniques spécifiques d'une perforation vésiculaire en dehors du syndrome d'irritation péritonéal; ceci entraîne des difficultés de diagnostic préopératoire ; surtout dans notre contexte où les patients manquent de moyens pour faire une tomodensitométrie abdominale ou tout au moins une échographie abdominale nécessaire au diagnostic. Diverses études n'ont décrit que quelques cas dans lesquels un diagnostic préopératoire était possible (Ong, Estevão-Costa, 1991, 2002).

Dans notre étude comme la plupart des autres études, le diagnostic était per opératoire (Hermann, Mirza, Toure, 2023, 2010, 2012). Divers facteurs ont été identifiés pour provoquer des perforations biliaires, notamment des infections, un traumatisme, la perforation spontanée; une inflammation, une blessure liée aux calculs et iatrogène (Ong, 1991). Dans notre étude; nous pensons qu'il s'agit d'une perforation d'origine typhique probable. En l'absence d'isolement d'un germe spécifique prouvant de façon formelle et indiscutable qu'il s'agissait bien d'une fièvre typhoïde, nous l'évoquons devant:

- La fréquence de cette affection dans notre contexte (Sambo, 2017)
- La fièvre au long cours associée à des céphalées, des douleurs abdominales depuis trois semaines au moins ;
- Le syndrome d'irritation péritonéale en faveur d'une complication digestive

L'association de multiples perforations iléales chez le second cas dont les caractéristiques font fortement suspecter une fièvre typhoïde.

La vésicule est réputée être le gîte naturel du bacille d'EBERTH ce qui peut expliquer la survenue de cholécystites aiguës au cours de la salmonellose; De plus le facteur mécanique de stase associé au facteur inflammatoire peut

provoquer la perforation de la vésicule au cours de la fièvre typhique (Idjradinata, 1974).

Le but du traitement est double : il s'agit à la fois d'éradiquer le foyer infectieux et de traiter l'atteinte péritonéale.

Dans notre étude ; tous nos patients ont bénéficié d'une cholécystectomie avec un lavage drainage péritonéale ; Cette même attitude a été appliquée par plusieurs auteurs (Hermann, Toure, 2023, 2012). Mais il faut noter qu'aucun de nos patients n'a envoyé la pièce opératoire pour examen anatomopathologique.

Par contre certains auteurs préfèrent la cholécystotomie tubulaire (Mirza, 2010). Devant un malade ayant un état général fragile ou ayant des antécédents incompatibles avec une anesthésie générale ; l'inflammation intra péritonéale rendant difficile identification des différentes structures intra péritonéales ; et sa facilité de réalisation. Quel que soit l'origine de la perforation, l'idéale serait de retirer l'organe malade qui constitue la source de l'infection.

Sur le plan médical, l'antibiothérapie est indispensable et l'on utilisera des antibiotiques actifs sur les salmonelles et à forte élimination biliaire. Cette antibiothérapie sera adaptée en fonction des résultats des antibiogrammes effectués sur les germes isolés dans les différents prélèvements : sang, bile, selles, etc. Dans notre étude nous n'avons pas pu isoler le germe mais nous avons mis nos patients sous ceftriaxone qui appartient à la classe des bêta-lactamines et qui est actif sur les souches de salmonella typhi. La réanimation parentérale est capitale et doit encadrer le geste chirurgical.

Au plan pronostique les suites opératoires étaient bonnes dans notre étude comme dans la plupart des études (Mirza, Toure, 2010,2012). Ce qui permet de dire que bien pris en charge ; l'évolution est souvent favorable

## **Conclusion**

La perforation vésiculaire primitive pose souvent des problèmes diagnostiques chez l'enfant. Une exploration de la vésicule biliaire au cours des péritonites est fortement recommandée.

**Déclaration pour les participants humains** : Cette étude a été approuvée par le chef du département de chirurgie et spécialités chirurgicales de l'université de Parakou et les principes de la déclaration d'Helsinki ont été suivis.

**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. Bélemlilga Hermann GL, Souleymane O, Nassirou Y, Namori K, Lazare T, Cyprien Z, et al. les péritonites biliaires: aspects diagnostiques et thérapeutiques. mali médical [internet]. 2023 [cité 28 juill 2024];38(3).
2. Estevão-Costa J, Soares-Oliveira M, Lopes JM, Carvalho JL. Idiopathic perforation of the gallbladder: a novel differential diagnosis of acute abdomen. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* juill 2002;35(1):88-9.
3. Faysse E, Bérard P. Biliary peritonitis. *Rev Prat.* 1986;36(19):1067-72.
4. Idjradinata P, Suroto-Hamzah E, Sugiri S. A Case of Perforation of the Gallbladder in Association with Typhoid Fever. *Paediatrica Indonesiana.* 1974;14(1-2):21-4.
5. Keita DM, Diawara MA, Guirassy MI, Fofana N, Toure BM, Fofana H, et al. Prise en Charge des Péritonites Aigues Généralisées de l'Enfant au CHU Ignace Deen: À Propos de 62 Cas. *Health sciDis.* 2023;24(9):43-6.
6. Mirza B, Ijaz L, Saleem M, Iqbal S, Sharif M, Sheikh A. Management of biliary perforation in children. *Afr J Paediatr Surg.* 2010;7(3):147-50.
7. Ong CL, Wong TH, Rauff A. Acute gall bladder perforation--a dilemma in early diagnosis. *Gut.* août 1991;32(8):956-8.
8. Sakiye KA, Amavi A, Dare S, Kanassoua K, Songne G. Péritonites aiguës généralisées chez l'enfant à l'Hôpital Saint Joseph de Datcha: particularités étiologiques et morbi-mortalité en milieu rural au Togo à propos de 25 cas. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé.* 2018;20(3):485-91.
9. Sambo BT, Allodé SA, Wekpon DS, Séto DM, Hodonou MA, Dossou B. Prise en charge des péritonites aiguës dans un Hôpital de District en Afrique sub-saharienne: cas du Bénin. *European Scientific Journal.* 2017;13(36):388-95.
10. Toure AO, I K, G N, Wade T, M S, Cissé M. péritonite aiguë généralisée secondaire à une cholécystite typhique : à propos d'un cas. *journal africain de chirurgie.* 1 janv 2012;2:111-4.

## **Facteurs associés à la positivité de la COVID-19 chez les patients dans les districts sanitaires de Cocody-Bingerville et Marcory Treichville en 2021**

*Assikohon Pulchérie Gouzile*

*Martial Bama*

*Ellélé Aimé Yapi*

*Bi Yourou Guillaume Zamina*

*Amani Yao Me*

*Issaka Tiembre*

Institut National d'Hygiène Publique, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p107](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p107)

Submitted: 20 August 2024

Accepted: 17 December 2024

Published: 31 December 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Gouzile A.P., Bama M., Yapi E.A., Zamina B.Y.G., Yao Me A. & Tiembre I. (2024). *Facteurs associés à la positivité de la COVID-19 chez les patients dans les districts sanitaires de Cocody-Bingerville et Marcory Treichville en 2021.* European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 107. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p107>

### **Résumé**

La maladie à coronavirus (COVID-19) est une maladie infectieuse due au virus SRAS-CoV-2 dont les symptômes les plus courants sont la fièvre, la fatigue et une toux sèche ainsi que des symptômes plus graves, dont la dyspnée. En Côte d'Ivoire, des établissements sanitaires ne disposant pas de capacité propre pour effectuer des tests, les données sur les cas positifs de COVID-19 ne traduisaient pas la réalité sur le terrain chez les usagers ou patients des hôpitaux d'Abidjan présentant des signes évocateurs de la Covid-19. L'objectif de cette étude était donc d'estimer le taux de positivité de la COVID-19 chez les patients présentant des signes évocateurs de la maladie dans les Districts Sanitaires de Cocody-Bingerville et de Marcory-Treichville. Il s'agit d'une étude transversale à visé analytique. L'étude a consisté à échantillonner du 19 mai au 1 juin 2021 en temps réel tous les patients de 4 ans et plus, présentant les symptômes évocateurs. Ainsi, au bout de quatre (14) jours, 1046 patients ont été prélevés, après l'obtention du consentement éclairé. Les résultats de la répartition des symptômes évocateurs, montre que la Fièvre, la Toux, la Rhinorrhée, les Difficultés respiratoires et l'Asthénie

constituaient les symptômes les plus rencontrés chez les patients. Ces signes étaient aussi présents dans l'entourage des personnes enrôlées dans une proportion maximale de 10%. Sur 1046 prélèvements effectués, 25 (2,7%) étaient positifs au SARS-COV 2. Cette positivité à la COVID-19 n'était pas liée aux principaux symptômes évocateurs. Les tests statistiques étaient non significatifs  $P = 0.472$ ,  $P = 0.107$  et  $P = 0.420$  respectivement pour les facteurs toux, fièvre et asthénie.

---

**Mots-clés:** Positivité COVID-19, Facteurs associés, districts sanitaires, Côte d'Ivoire

---

## **Factors associated with COVID-19 positivity in patients in the Cocody-Bingerville and Marcory Treichville health districts in 2021 (Abidjan, Côte d'Ivoire)**

*Assikohon Pulchérie Gouzile*  
*Martial Bama*  
*Ellélé Aimé Yapi*  
*Bi Yourou Guillaume Zamina*  
*Amani Yao Me*  
*Issaka Tiembre*

Institut National d'Hygiène Publique, Abidjan, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

Coronavirus disease (COVID-19) is an infectious disease caused by the SARS-CoV-2 virus, the most common symptoms of which are fever, malaise, and dry cough. More severe symptoms include respiratory distress. In Côte d'Ivoire, as health establishments do not have the capacity to carry out tests, the data on positive cases of COVID-19 did not reflect the reality on the ground, in hospital users in Abidjan presenting respiratory signs. The aim of this study was therefore to estimate the rate of COVID-19 positivity in patients presenting signs suggestive of the disease in the Health Districts of Cocody-Bingerville and Marcory-Treichville. This is a cross-sectional study with an analytical focus. From 19 May to 1 June 2021, all patients at least 4 years old with suggestive symptoms were sampled in real-time. Thus, after four (14) days, 1046 patients were sampled, after obtaining informed consent. The distribution of suggestive symptoms shows that fever, cough, rhinorrhoea, breathing difficulties, and asthenia (intense fatigue) were the symptoms most frequently encountered by patients. These signs were also present in the entourage of the people enrolled in a maximum proportion of 10%. Out of

1046 samples taken, 25 (2.7%) were positive for SARS-COV-2. This COVID-19 positivity was not related to the main suggestive symptoms. Statistical tests were non-significant ( $Pr = 0.472$ ), ( $Pr = 0.107$ ), and  $Pr = 0.420$  respectively for the factors of cough, fever, and asthenia.

---

**Keywords:** Associated factors, positivity, COVID-19, health districts, Côte d'Ivoire

## Introduction

Apparue dans la province de Hubei précisément à Wuhan en Chine en décembre 2019, la COVID-19 est une maladie infectieuse due au coronavirus (SARS-CoV-2). Cette infection s'est propagée dans le monde et a été déclarée comme une pandémie le 11 mars 2020 par l'OMS après avoir prononcé l'état d'urgence de santé publique de portée internationale le 30 janvier 2020 (Guedes *et al*, 2021). Ce virus a causé plus de 2 millions de décès sur près de 93 millions de cas confirmés à la date du 17 janvier 2021 (WHO, 2021). Les symptômes les plus courants de la COVID-19 sont la fièvre, la fatigue et une toux sèche. Certains patients présentent des douleurs, une congestion nasale, un écoulement nasal, des maux de gorge ou une diarrhée. Des mesures de santé publique ont été mises en place afin de limiter la transmission de la maladie et de réduire la morbidité et la mortalité (OMS, 2020). Au début de la pandémie, l'Afrique a été épargnée avec seulement 5% des cas (Hardy and Flori, 2020), cependant, elle a connu des vagues plus sévères en 2021 avec un taux de létalité de 2,5% (Africa CDC, 2021). L'identification, le dépistage des cas suspects, la prise en charge globale des cas confirmés et la mise en quarantaine de cas contacts restent donc le cœur de la lutte contre la pandémie dans les pays africains. La Côte d'Ivoire, comme la plupart des pays africains a été touchée par cette infection. Le premier cas de COVID-19 a été confirmé sur le territoire ivoirien le 11 mars 2020. En Côte d'Ivoire, il a été demandé à toute personne qui présente les signes évocateurs de consulter un médecin. Cependant, la majorité des établissements sanitaires ne disposant pas de capacité propre pour effectuer des tests, le dépistage des patients se fait soit, par mobilisation d'une Equipe d'Intervention Rapide (EIR) pour le prélèvement en milieu hospitalier, soit par l'orientation des patients vers les centres d'accueil COVID-19 créés à Abidjan et sa banlieue. Cette organisation ne garantit pas toujours l'accès au test de dépistage. Ce qui sous-entend qu'un certain nombre de patients y échapperait conduisant ainsi à une mauvaise estimation de l'incidence de la maladie. Par ailleurs, force est de constater qu'il n'existe que très peu de données sur le taux de positivité de la maladie chez les usagers des hôpitaux d'Abidjan présentant des signes respiratoires. Cela a conduit au questionnement suivant : quel est le taux de positivité de la COVID-19 chez les patients présentant des signes évocateurs de la maladie et

fréquentant les structures sanitaires dans les zones à haut risque de transmission d'Abidjan ? C'est pour y répondre que cette étude a été initiée pour estimer le taux de positivité de la COVID-19 chez les patients présentant des signes évocateurs de la maladie dans les deux districts sanitaires à haut risques que sont les districts sanitaires de Cocody-Bingerville et de Marcory-Treichville

## Méthodologie

### ❖ Cadre de l'étude

L'étude s'est déroulée dans les hôpitaux de tous les niveaux de la pyramide sanitaire dans les districts sanitaires de Cocody-Bingerville et de Marcory-Treichville. Les districts sanitaires de Cocody-Bingerville et de Marcory-Treichville font parties du District Autonome d'Abidjan. Situé dans la région des lagunes au sud de la Côte d'Ivoire, le District Autonome d'Abidjan avec une superficie de 513 km<sup>2</sup> comprend 13 communes (dont 10 composent la ville d'Abidjan). Il est situé en zone subéquatoriale avec un climat chaud et humide, qui comporte 2 saisons de pluies et 2 saisons sèches.

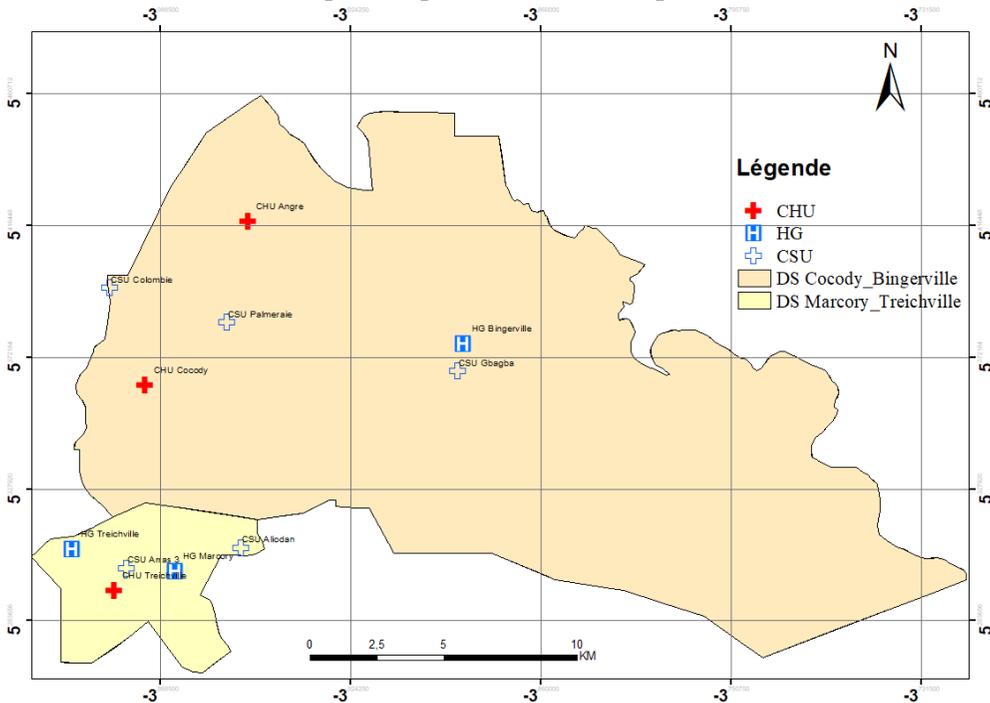


Figure 1 : présentation de la zone d'étude (source, Dr Gouzile, 2024)

## **Type d'étude et durée**

### **❖ Méthode d'étude**

#### **Type d'étude**

Il s'agit d'une étude transversale à visé analytique qui s'est déroulée dans les districts sanitaires de Cocody-Bingerville et Marcory Treichville du 19 mai au 01 juin 2021. Ces deux districts concentrent 61% des cas confirmés de la maladie en Côte d'Ivoire.

#### **Période d'étude :**

L'étude s'est déroulée du 19 mai au 1er juin 2021 à Abidjan précisément dans les districts sanitaires de Cocody-Bingerville et de Marcory-Treichville. La durée totale de l'étude était de deux semaines soit 14 jours ouvrées.

### **❖ Population d'étude**

La population d'étude était constituée des usagers ou patients présentant un signe évocateur de la Covid-19 à Abidjan et fréquentant les services de consultation et d'urgence de médecine générale, de pédiatrie, et des services d'ORL des hôpitaux ciblés.

### **❖ Critères d'inclusion**

Ont été inclus dans l'étude tous les patients âgés de quatre (04) ans et plus et présentant les symptômes évocateurs dans les services des structures sanitaires ciblées. Par signes évocateurs s'entend l'apparition d'un ou plusieurs des symptômes suivants dans un délai de 14 jours : Fièvre, toux, faiblesse/fatigue générale, céphalée, myalgie, mal de gorge, coryza, dyspnée, anorexie/nausées/vomissements, diarrhée, altération de l'état mental.

### **❖ Consentement**

Le protocole de notre étude a reçu l'approbation du comité scientifique et le Comité National d'Ethique des Sciences de la Vie et de la Santé (CNESVS).

Les autorités administratives des structures concernées ont été informés par courriers physiques et le protocole validé leur a été transmis (Direction départementale de la santé, Direction des structures sanitaires ciblées, Direction Médicale et Scientifique). L'obtention du consentement éclairé des patients était requis avant toute activité. La participation à cette étude était entièrement libre et volontaire. Le participant était libre d'accepter ou de refuser d'y participer. Il avait également la possibilité de se retirer à tout moment de l'étude sans avoir besoin de se justifier et ne subira aucune pression de la part des membres de l'équipe de recherche.

Cette étude a été menée dans le strict respect des mesures de prévention contre la COVID-19 en vigueur en Côte d'Ivoire et des conseils en matière de

prévention contre la COVID-19 ont été prodigués à tous les participants. Tous les participants ont également été sensibilisés à la vaccination.

#### ❖ **Retrait de consentement**

Certains patients éligibles à l'étude, après la lecture du consentement, pouvaient refuser de participer à l'étude. Ils avaient également la possibilité de se retirer à tout moment de l'étude sans avoir besoin de se justifier et ne pouvaient subir aucune pression de la part des membres de l'équipe de recherche.

#### ❖ **Echantillonnage**

##### ❖ **Méthode d'échantillonnage**

Il s'agit d'un échantillonnage non probabiliste de type accidentel qui a consisté à enrôler tous ceux qui venaient en consultation et qui présentaient des signes évocateurs de la maladie et qui donnaient leur consentement pour l'étude dans les districts sanitaires ciblés. Ainsi, tous les patients ou usagers des services cibles qui répondaient au critère d'inclusion ont été sélectionnés dans l'étude.

##### ❖ **Technique d'échantillonnage**

Chaque district sanitaire concerné dans cette étude a été étudié de manière indépendante. Il s'agissait d'une enquête exhaustive où tout patient présentant un signe évocateur de la Covid et ayant au moins quatre (04) ans était automatiquement inclus dans l'échantillon. La population cible concernait toute personne résident à Abidjan et cette population a été estimée à partir du recensement général de la population de 2021.

Le nombre de patient requis a été calculé sur la base de l'équation ci-dessous indiqué.

##### ❖ **Taille d'échantillon.**

La taille de l'échantillon était estimée à 3607, représentant le nombre d'usagers des services de santé ciblés devant être inclus dans l'étude. Il s'est agi d'enquêter de façon exhaustive 3607 patients répondant aux critères d'inclusion

### **Collecte des données**

L'étude a consisté à échantillonner en temps réel tous les cas correspondant aux critères d'inclusion pendant la période d'étude. Pour ce faire, des binômes d'enquêteurs dont des praticiens issus de chaque unité de prise en charge du centre hospitalier concerné ont été nécessaires.

Les praticiens étaient chargés d'identifier les personnes éligibles c'est-à-dire présentant les symptômes évocateurs et d'en informer l'équipe après la prise en charge médicale adéquate des patients. L'équipe était ensuite chargée de donner l'ensemble de informations concernant l'étude aux patients afin

d'obtenir leurs consentements éclairés. Ce n'est qu'à ce moment que les patients ont été enrôlés dans l'étude.

Les données ont été recueillies à l'aide de la fiche nationale d'investigation des cas de la COVID-19 configurée sur tablette ainsi qu'une fiche physique pour le recueil des données complémentaires (informations sociodémographiques, l'exposition, les signes cliniques et les antécédents médicaux). Les données de la fiche d'enquête physique étaient saisies directement sur le logiciel Excel. Concernant la tablette, les données étaient extraites à partir la plateforme des données de Sah Analytics.

Pour la collecte des données deux équipes de trois personnes étaient constitués en fonction des deux services logés dans des bâtiments différents.

Le superviseur avait pour rôle de s'assurer de la présence des membres des deux équipes, s'assurer de la présence du matériel, faire le lien entre les deux équipes, veiller au bon déroulement de l'activité.

Dans chaque équipe, il s'est agi de détecter les patients présentant les symptômes évocateurs, les enrôler et noter les éventuels refus. L'enrôlement se faisait par l'administration du questionnaire de l'étude, le renseignement de la fiche de prélèvement préenregistrés sur des tablettes via l'application de collecte de données KOBACOLLECT et le prélèvement nasopharyngé. Le consentement éclairé du patient était requis au préalable.

Les enquêteurs se sont référés aux dossiers médicaux, aux carnets de santé des patients ou encore aux registres des praticiens lorsque ces documents étaient disponibles pour compléter les données. Pour les sujets mineurs, la présence d'un parent était requise.

Les échantillons identifiés par les codes-barres étaient conservés dans les glacières contenant des accumulateurs de glace

Les échantillons identifiés par les codes-barres étaient conservés dans les glacières contenant des accumulateurs durant toute l'activité de l'activité à une température de 4°C. A la fin de la journée, le superviseur procédait à la vérification du remplissage de chaque fiche de prélèvement de la tablette ainsi que les fiches questionnaires. Chaque fiche questionnaire portait également les codes-barres correspondant à chaque échantillon dans la glacière. Les échantillons scellés dans la glacière sont par la suite acheminés à l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire pour analyse.

### **Analyse de laboratoire**

Les échantillons nasopharyngés obtenus ont été analysés par PCR à l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire (IPCI) selon les procédures et normes nationales.

#### **❖ Variables étudiées**

Les variables étudiées sont des variables explicatives (âge, sexe, Caractéristiques épidémiologiques, la symptomatologie (Fièvre, toux,

anosmie, dyspnée, vomissements, diarrhée, port du cache nez, lavage des mains, consommation du Tabac et l'alcool etc...) et la variable réponse qui est une variable binaire avec deux modalités : Positif et Négatif. Une analyse descriptive a été utilisée pour caractériser la distribution de chaque variable dans l'étude. Il s'agissait de rechercher une infection patente des participants vis-à-vis du SARS-COV2. Ce statut correspond donc à notre variable réponse. C'est une variable binaire avec deux modalités : Positif et Négatif

### **Traitement et analyse statistique des données**

Les variables quantitatives ont été exprimées en variables explicatives et les variables qualitatives en variables binaires ou variables réponses avec deux modalités. Nous avons alors recherché des associations entre chaque variable explicative (symptômes) et la variable réponse par le test de Chi-2 ou le test exact de Fisher.

Enfin les variables faisant l'objet d'une association significative ont été analysées avec un intervalle de confiance de 95%. Le seuil de significativité sera une p-value de 0.05 permettant de rejeter l'hypothèse nulle d'une absence d'association entre les facteurs associés et la positivité à la maladie.

### **Considérations éthiques**

Le protocole de notre étude reçu l'approbation du comité scientifique et du Comité National d'Ethique des Sciences de la Vie et de la Santé. L'obtention du consentement éclairé des patients est obligatoire avant toutes activités. La participation à cette étude était entièrement libre et volontaire. Le participant était libre d'accepter ou de refuser d'y participer. Il avait également la possibilité de se retirer à tout moment de l'étude sans avoir besoin de se justifier et ne subira aucune pression de la part des membres de l'équipe de recherche. Cette étude a été menée dans le strict respect des mesures de prévention contre la COVID-19 en vigueur en Côte d'Ivoire et des conseils en matière de prévention contre la COVID-19 ont été prodigués à tous les participants. Tous les participants ont également été sensibilisé à la vaccination.

### **Résultats**

- **Aspects socio-démographiques**

Sur un total de 3607 consultations réalisées, 1158 soit 32,1 % patients étaient éligibles ; le nombre de patients enrôlés était de 1046 (90.3%) avec un refus de 112 (9.7%) patients (Tableau 1). Parmi les personnes enrôlées, le genre féminin était plus représenté avec une proportion 54% contre 46% des hommes (sexe ratio F/H=1,17) voir figure 2. L'âge des patients enrôlés étaient compris entre 4 et 85 ans avec un âge moyen de 47 ans. Cependant, la proportion des patients dont l'âge est compris entre 30 et 39 ans est plus

représentée (19,8%) suivie de celle ayant un âge compris entre 20 et 29 ans (18,5%). Les personnes âgées de moins de 10 ans constituaient 17,8% des individus enrôlés dans l'enquête (Tableau2).

**Tableau 1 :** Indicateurs d'acceptation de l'enquête selon les sites

Site	Consultants	Eligibles n(%)	Enrôlés n (%)	Refus n (%)
HG Marcory	760	285 (37,5)	255(89.5)	30(10.5)
HG Treichville	284	125 (44,0)	120(96.0)	5(4.0)
CHU Treichville	469	106 (22,6)	103(97.3)	3(2.8)
CSU Aliodan	159	34(21,4%)	33(97.1)	1(2.9)
CSU Arras 3	103	44(42,7)	44(100.0)	0(0.0)
CHU Cocody	398	124(31,2)	104(83.9)	20(16.1)
CSU Colombie	186	55(29,6)	55(100,0)	0(0.0)
CSU Palmeraie	181	29(16,0)	29(100,0)	0(0.0)
CHU Angré	254	93(36,6)	67(72.0)	26(28.0)
HG Bingerville	660	219(33,2)	193(88.1)	26(11.9)
CSU Gbagba	153	44(28,8)	43(97.7)	1(2.3)



**Figure 2 :** Répartition des personnes enrôlées selon le sexe

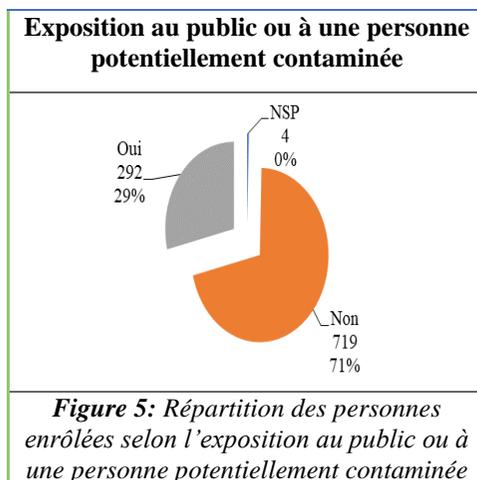
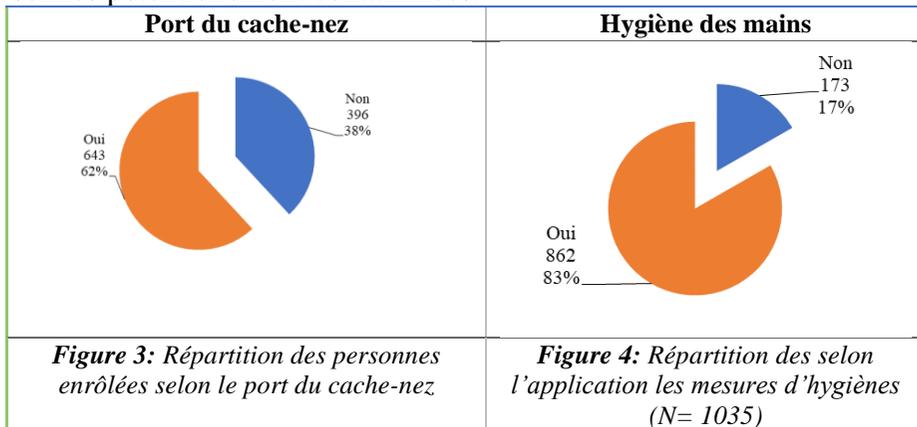
**Tableau 2:** Répartition des personnes enrôlées selon l'âge

Tranche d'âge	Effectif	%
<10	152	17,8%
10-19	94	11,0%
20-29	158	18,5%
30-39	169	19,8%
40-49	114	13,3%
50-59	80	9,4%
60-69	53	6,2%
70-79	31	3,6%
80 et plus	4	0,5%

- **Aspects épidémiologiques**

Concernant les caractéristiques épidémiologiques, la majorité des patients enrôlés portaient des cache-nez (62%) et ont affirmé à 83% appliquer les mesures d'hygiène des mains pour se protéger contre la covid-19. Par

ailleurs, environ 30 % des patients ont été exposés à une foule ou à des personnes potentiellement contaminées.



Selon la répartition des personnes enrôlées la fièvre, l'asthénie, la toux, les rhinorrhées et les difficultés respiratoires constituaient les symptômes les plus rencontrés chez les patients retrouvés dans respectivement dans 55,0%, 47,1%, 46,3%, 33,8% et 21,7%. Ces signes étaient présents dans l'entourage des personnes enrôlées dans une proportion maximale de 10%.

**Tableau 3:** Répartition des personnes enrôlées selon les symptômes

	Non		Oui		NSP		Effectif total
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
Fièvre	469	45	<b>574</b>	<b>55</b>	0	0,0	1043
Fièvre dans l'entourage	912	94,1	48	5	9	0,9	969
Toux	554	53,7	<b>477</b>	<b>46,3</b>	0	0,0	1 031
Toux dans l'entourage	887	89,2	100	10,1	7	0,7	994
Rhinorrhée	676	66,2	<b>345</b>	<b>33,8</b>	0	0,0	1 021
Rhinorrhée dans l'entourage	907	91,4	83	8,4	2	0,2	992
Anosmie	933	90,8	95	9,2	0	0,0	1 028
Anosmie dans l'entourage	966	97,4	22	2,2	4	0,4	992
Agueusie	926	90,6	96	9,4	0	0,0	1 022
Agueusie dans l'entourage	990	97,2	24	2,4	5	0,5	1 019
Difficulté respiratoire	812	78,3	<b>225</b>	<b>21,7</b>	0	0,0	1 037
Difficulté respiratoire dans l'entourage	882	96,0	14	1,5	23	2,5	919
Asthénie ou fatigue intense	551	52,9	<b>491</b>	<b>47,1</b>	0	0,0	1 042
Fatigue intense dans l'entourage	953	97,1	18	1,8	10	1,0	981
Nausées Vomissements	870	83,5	172	16,5	0	0,0	1 042
Nausée dans l'entourage	954	96,6	25	2,5	9	0,9	988
Diarrhée	962	92,3	80	7,7	0	0,0	1 042
Diarrhée dans l'entourage	978	99,2	6	0,6	2	0,2	986

*NSP : Ne sait Pas*

- **Facteurs associés à la positivité**

La majorité des personnes enrôlées (994 cas soit 96 %) n'avaient effectué aucun vaccin contre la covid-19. Seulement 4% des patient éligibles à l'étude avaient reçu au moins le vaccin contre la Covid-19. Par ailleurs, les patients ne s'adonnaient pas aux addictions telles que le tabac (989 soit 95% des patients disent ne pas prendre le tabac) et l'alcool (850 patients soit 82%). Concernant le test de Covid-19, les résultats ont montré que sur 1046 prélèvements effectués, 25 échantillons étaient positifs au SARS-CoV-2 (Tableau4), soit un taux de positivité de 2.7% (IC à 95% : 1.7%-3.8%). Cette positivité à la covid-19 n'était pas liée aux principaux symptômes évocateurs. Les tests statistiques sont non significatifs ( $P = 0.472$ ), ( $P = 0.107$ ) et  $P = 0.420$  respectivement pour les facteurs toux, fièvre et Asthénie (Tableau 5)

**Tableau 4:** Répartition des personnes enrôlées selon le résultat du test covid-19

	Effectif	Pourcentage (%)
Négatif	896	97,3
Positif	<b>25</b>	<b>2,7*</b>
Total	921	100,0

**Tableau 5 :** Répartition des personnes positives au test covid et les principaux symptômes évocateurs

Symptômes	Cas covid				Total	Chi2	P. value
	Négatif	Pourcentage	Positif	Pourcentage			
<b>Fièvre</b>	Oui	498	44,2	18	72 %	2.6035	<b>0.107</b>
	Non	395	55,8	07	28 %		
<b>Total</b>		<b>893</b>	<b>100,0</b>	<b>25</b>	<b>100,0</b>		
<b>Toux</b>	Oui	396	44,9	9	36	0.5173	<b>0.472</b>
	Non	486	55,1	16	64		
<b>Total</b>		<b>882</b>	<b>100,0</b>	<b>25</b>	<b>100,0</b>		
<b>Rhinorrhée</b>	Oui	281	32,2	5	20,8	1.3948	<b>0.238</b>
	Non	591	67,8	19	79,2		
<b>Total</b>		<b>872</b>	<b>100,0</b>	<b>25</b>	<b>100,0</b>		
<b>Difficultés respiratoires</b>	Oui	189	21,3	7	28,0	0.6506	<b>0.420</b>
	Non	699	78,7	18	72,0		
<b>Total</b>		<b>888</b>	<b>100,0</b>	<b>25</b>	<b>100,0</b>		
<b>Asthénie</b>	Oui	436	48,9	12	48,0	0.0075	<b>0.931</b>
	Non	456	51,1	13	52,0		
<b>Total</b>		<b>892</b>	<b>100,0</b>	<b>25</b>	<b>100,0</b>		

## Discussion

Il ressort de cette étude que la prédominance du genre féminin et l'âge moyen de 47 ans parmi les patients pourraient être influencés par des facteurs socioculturels et comportementaux. En effet, certaines études ont montré que les femmes consultent davantage les services de santé que les hommes, en raison de leur rôle souvent central dans la gestion de la santé familiale et de leur sensibilité accrue aux mesures de prévention. L'âge moyen pourrait également refléter une vulnérabilité accrue dans cette tranche d'âge, où des comorbidités et des affections chroniques sont plus fréquentes, augmentant potentiellement le risque de consultation pour des symptômes évocateurs de la Covid-19.

Par ailleurs, le faible taux de positivité de 2.7 % sur les prélèvements pourrait s'expliquer par une application rigoureuse des mesures de prévention, comme le port du masque et le lavage des mains, comportements adoptés par la majorité des patients enrôlés. L'étude de Yanni et al. (2021) corrobore ces observations en soulignant l'efficacité du masque dans la réduction de la transmission virale. De plus, Stella et al. (2021) ont démontré que le lavage des mains était associé à une diminution significative de l'incidence de la

Covid-19, illustrant l'impact des gestes barrières dans les efforts de prévention. Cependant, il est notable que 96 % des participants n'étaient pas vaccinés, ce qui souligne une potentielle réticence face au vaccin anti- Covid-19. Cette réticence pourrait être attribuée à des facteurs tels que les rumeurs, la désinformation, ou encore des perceptions négatives, souvent amplifiées par les réseaux sociaux et le bouche-à-oreille.

En ce qui concerne les symptômes, les résultats montrent que la fièvre, la toux, la rhinorrhée, les difficultés respiratoires, et l'asthénie étaient les manifestations les plus fréquentes chez les patients positifs au SARS-CoV-2. Ces symptômes sont similaires aux observations de Gouttenoire et al. (2020), confirmant leur pertinence dans le cadre de la détection clinique de la Covid-19. Cependant, l'absence de lien statistiquement significatif entre ces symptômes et la positivité aux tests suggère que, bien que fréquents, ces signes ne suffisent pas à prédire de manière fiable la présence du virus dans cette population.

Cette absence de corrélation pourrait être attribuée à la diversité des présentations cliniques de la Covid-19 et au fait que de nombreux symptômes sont communs à d'autres infections respiratoires, en particulier en période d'activité grippale.

Enfin, il est possible que des facteurs contextuels tels que la densité démographique, l'accès aux soins, ou encore les caractéristiques socioéconomiques des quartiers de Cocody-Bingerville et Marcory-Treichville aient influencé ces résultats.

## **Conclusion**

La côte d'Ivoire, à l'instar des autres pays africains, a été confronté depuis 2020 à la COVID-19, une infection qui a exposé la fragilité des systèmes de santé ivoirien. Il apparaissait donc nécessaire de déterminer les signes évocateurs considérés comme facteurs de positivité. Il résulte de l'étude que les signes évocateurs mis en évidence chez les patients enrôlés de notre étude ne peuvent pas être liés à la positivité à la Covid-19 sur la période d'étude. En somme, cette étude révèle des tendances importantes mais aussi des lacunes, notamment en matière de prédiction des infections à partir de symptômes spécifiques. Ces résultats suggèrent la nécessité de combiner la sensibilisation aux mesures de protection individuelle avec des interventions communautaires pour surmonter les obstacles et améliorer la résilience des populations face aux futures menaces sanitaires.

En perspectives, il serait utile d'intégrer ces éléments dans une analyse plus large pour une meilleure compréhension de la dynamique épidémiologique dans ces zones.

**Remerciements et autres mentions:** Nous remercions tous les professionnels de la santé qui ont contribué à la réalisation de l'étude. L'étude a bénéficié d'une aide financière de CDC Africa.

**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 ont obtenu un financement pour cette recherche de la part de CDC Africa.

**Declaration for Human Participants:** Cette étude a été approuvée par le **Comité Scientifique et le Comité National d'Ethique des Sciences de la Vie et de la Santé (CNESVS)** et les principes de la Déclaration d'Helsinki ont été respectés. Tous les usagers ou patients d'au moins quatre (04) ans présentant un signe évocateur de la Covid-19 et fréquentant les services de consultation et d'urgence de médecine générale, de pédiatrie, et des services d'ORL des hôpitaux ciblés ayant donné leur consentement éclairé ont été inclus dans l'étude.

#### **References:**

1. Africa CDC, 2021. Outbreak Brief 54: Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic. Afr. CDC. URL <https://africacdc.org/download/outbreak-brief-54-coronavirus-disease-2019-COVID-19-pandemic/> (accessed 1.28.21).
2. Hardy, É.J.L., Flori, P., 2020. Spécificités épidémiologiques de la COVID-19 en Afrique : préoccupation de santé publique actuelle ou future ? Ann. Pharm. Fr. <https://doi.org/10.1016/j.pharma.2020.10.011>
3. Flávio Leôncio Guedesa, Soraya Giovanetti El-Deirb, Wilson Ramos Aragão Júnior, José Fernando Thomé Jucáa (2021). Analysis of scientific production of refused derived fuel through scientometric and bibliometric indicators. Journal of Environmental Analysis and Progress. Journal of Environmental Analysis and Progress V. 07 N. 02 (2022) 052-061.
4. Gouttenoire. A, Lejeune. J, Redor .A, Chatre. C, Bertrand K, Granger C, . Ferreyra M, Thevenet M, Colombain L, Aumaitre H. 2020. Description et facteurs associés à la gravité d'un cluster original COVID-19. *21es Journées nationales d'infectiologie / Médecine et maladies infectieuses* 50 (2020) S31–S199 <https://doi.org/10.1016/j.medmal.2020.06.133>.

5. OMS, 2020. Test de diagnostic de la COVID-19 dans le contexte des voyages internationaux. URL [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/338097/WHO-2019-nCoV-Sci\\_Brief-international\\_travel\\_testing-2020.1-fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/338097/WHO-2019-nCoV-Sci_Brief-international_travel_testing-2020.1-fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (accessed 1.23.21).
6. OMS, 2020. MISE À JOUR DE LA STRATÉGIE COVID-19 [WWW Document]. URL [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/strategy-update\\_french.pdf?sfvrsn=b1cfe48a\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/strategy-update_french.pdf?sfvrsn=b1cfe48a_2) (accessed 1.21.21).
7. Stella T, Shivangi S, Holly W, Danijela G, Ashika M, Zanfina A, Xue Li, Wei Xu, Ines M-E, Jasmin R, Evropi T, Xiaomeng Z, Ashmika M, Danny L, Dragan Il. 2021. Effectiveness of public health measures in reducing the incidence of covid-19, SARS-CoV-2 transmission, and COVID-19 mortality: systematic review and meta-analysis. *BMJ*2021;375:e068302 <http://dx.doi.org/10.1136/bmj-2021-068302>.
8. WHO, 2021. Weekly epidemiological update - 19 January 2021. URL <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update---19-january-2021> (accessed 1.25.21).
9. Yanni L, Mingming L M, Liang G, Mubashir A A, John P U, Ce Cheng DO f, Qin Z Chenyu Sun, MSc . 2021. Face masks to prevent transmission of COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Infection Control* 49, 900–906.

## **Contribution à la caractérisation lithostratigraphique, granulométrique et morphoscopique des sédiments du Continental Terminal de la région du Sud-Comoé (Côte d'Ivoire) à partir de données de forage et de diagraphie**

*Paule Carole Affoumou epse Achuo*

*Yao Alexis N'Guessan*

*Konan Rodolph Harding Kouakou*

*Guy Armel Tétiali*

Université Félix Houphouët Boigny, Formation Doctorale des Sciences, Technologie et Agriculture Durable, Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p122](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p122)

Submitted: 17 July 2024

Accepted: 25 December 2024

Published: 31 December 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Affoumou, P. C., N'Guessan, Y. A., Kouakou, K. R. H., & Tétiali, G. A. (2024). *Contribution à la caractérisation lithostratigraphique, granulométrique et morphoscopique des sédiments du Continental Terminal de la région du Sud-Comoé (Côte d'Ivoire) à partir de données de forage et de diagraphie..* European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 122.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p122>

### **Résumé**

Les différentes analyses lithostratigraphique, granulométrique et morphoscopique réalisées sur les déblais de forages du Sud-Comoé (Aboisso et Adiaké) ainsi que la diagraphie ont pour but de caractériser les formations du Continental Terminal. La description macroscopique et la morphoscopie ont permis de décrire les sédiments (aspect et couleur) et déterminer de la forme et de l'aspect des grains de quartz. Le logiciel Strater 5 a été utilisé pour la conception des différents logs et la représentation des paramètres granulométriques. Quant à la diagraphie, elle a permis de distinguer nettement les sables des argiles. Cette étude vise également à approfondir les connaissances sur la zone étudiée. La lithostratigraphie se compose d'un grand banc sableux avec intercalation de fins bancs argileux surmonté par des sables silto-argileux (terre de barre). La granulométrie des sables quant à elle, révèle que la taille des grains de quartz dans les formations sableuses est en majorité grossière. Ces sables sont pour la plupart moyennement à médiocrement

classés. Ils ont une asymétrie positive et sont majoritairement leptokurtiques. La taille des grains diminue du Nord au Sud de la faille des lagunes. L'analyse morphoscopique des grains met en exergue une très forte proportion de grains de quartz sub-arrondis à arrondis quel que soit la fraction granulométrique. Ces grains sont émoussés luisants, ce qui indique un séjour en milieu aqueux. Ces résultats constituent une base de données pour une meilleure reconstitution lithologique des formations sédimentaires de la région du Sud-Comoé.

---

**Mots-clés:** Lithostratigraphie, diagraphie, Continental Terminal, Sud-Comoé, Côte d'Ivoire

---

**Contribution to the lithostratigraphic, granulometric, and morphoscopic characterisation of Terminal Continental sediments in the South Comoé region (Ivory Coast) using borehole and logging data**

*Paule Carole Affoumou epse Achuo*

*Yao Alexis N'Guessan*

*Konan Rodolph Harding Kouakou*

*Guy Armel Tétiali*

Université Félix Houphouët Boigny, Formation Doctorale des Sciences, Technologie et Agriculture Durable, Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, Abidjan, Côte d'Ivoire

---

**Abstract**

The aim of the various lithostratigraphic, granulometric and morphoscopic analyses carried out on the cuttings from boreholes in the South of Comoé (Aboisso and Adiaké), together with the logging, is to characterise the formations of the Continental Terminal. The sediments were described macroscopically and morphoscopically (appearance and colour) and the shape and appearance of the quartz grains were determined. Strater 5 software was used to design the various logs and represent the granulometric parameters. The logging enabled a clear distinction to be made between sands and clays. The study also aims to improve our knowledge of the study area. The lithostratigraphy consists of a large sandy bed interspersed with fine clay banks and topped by silt-clay sands (bar land). The granulometry of the sands reveals that the size of the quartz grains in the sandy formations is predominantly coarse. Most of these sands are moderately to poorly graded. They have a positive asymmetry and are predominantly leptokurtic. Grain size

decreases from North to South of the lagoon. The morphoscopic analysis of the grains reveals a very high proportion of sub-rounded to rounded quartz grains, whatever the grain size fraction. These grains are blunt and shiny, indicating that they have spent time in an aqueous environment. These results provide a database for improved lithological reconstruction of sedimentary formations in the South of the region of Comoé.

---

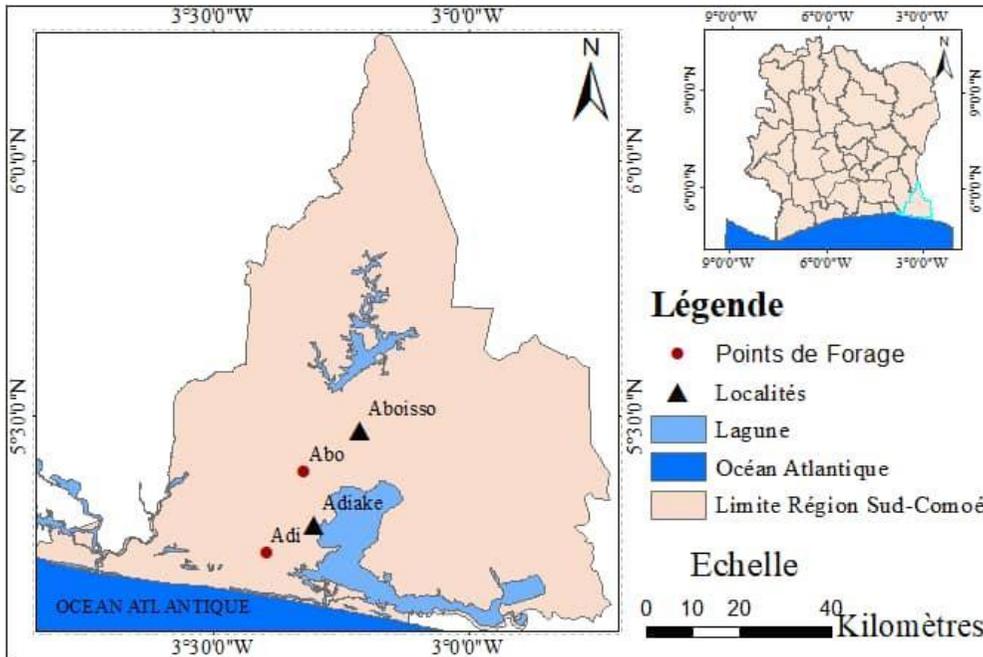
**Keywords:** Lithostratigraphy, logging, Continental Terminal, Sud-Comoé, Côte d'Ivoire

## Introduction

Des études récentes (Gbangbot *et al.*, 2012 ; Blé *et al.*, 2022) ont été réalisées pour une meilleure appréhension de la lithostratigraphie du Continental Terminal. Cette lithostratigraphie présente un épais banc sableux avec intercalation d'argiles et qui est recouvert par des sables silto-argileux. Les données de forage sont constituées de déblais et/ ou d'enregistrements diagraphiques. Cependant les informations émanant des déblais demeurent insuffisantes pour une bonne reconstitution lithologique. La diagraphie s'avère donc nécessaire pour la mise en évidence de l'épaisseur, la nature et la superposition des couches dans la région du Sud-Comoé. Par conséquent, l'objectif de cette étude est de caractériser et comprendre l'architecture des formations sédimentaires du Continental Terminal de la région du Sud-Comoé à partir de données lithologiques et diagraphiques. Pour ce faire, il faudra décrire les sédiments et identifier les différents faciès lithologiques. Aussi les paramètres granulométriques et la morphoscopie des grains de quartz seront déterminés.

## Matériel et méthodes

Le matériel est constitué principalement d'échantillons de deux forages exécutés dans la région du Sud-Comoé précisément à Adiaké et à Aboisso (**figure 1**). Le forage d'Adiaké a une profondeur totale de 323 m, une altitude de 74,38 m et pour coordonnées géographiques X= 3°23'47" W et Y=5°13'52" N. Celui d'Aboisso a une profondeur totale de 95 m, une altitude de 51,78 m et pour coordonnées X= 3°19'23" W et Y= 5°23'25" N.



**Figure 1:** Localisation des forages étudiés dans la région du Sud-Congo

L'analyse et la description des sédiments issus de forages ont permis de déterminer la granulométrie des fractions sableuses, la morphoscopie et les paramètres granulométriques. Ainsi la description macroscopique a consisté à observer les sédiments secs à l'œil nu et à les décrire selon leur aspect et leur couleur. En ce qui concerne la granulométrie de la fraction sableuse, les sédiments sont d'abord lavés et séchés. Ensuite, 100 g de ces sédiments sont passés dans une colonne de seize tamis de type AFNOR dont les mailles sont comprises entre 2000 et 63  $\mu\text{m}$ . Enfin, la proportion de chaque fraction dans l'échantillon est déterminée à partir du refus de chaque tamis. L'analyse morphoscopique a consisté à déterminer la forme et l'aspect des grains de quartz à l'aide des méthodes de Péttijohn (1949) et Cailleux (1947). Trois fractions granulométriques (1000  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$  et 250  $\mu\text{m}$ ) ont été utilisées pour cette étude. Cette méthode a permis d'établir la distance parcourue par le sédiment et l'agent de transport. La méthode statistique des moments a permis de déterminer les paramètres granulométriques que sont la moyenne arithmétique, l'écart type, l'asymétrie et l'aplatissement. Ces paramètres sont interprétés selon la méthode de Folk et Ward (1957). Le logiciel Strater 5 a permis de représenter les logs des paramètres granulométriques et de concevoir les logs de profondeur, lithologiques et gamma ray (GR) à partir d'une base de données des forages d'Adiaké et d'Aboisso. Pour l'acquisition du gamma ray, la radioactivité naturelle existant dans les roches (K, U, Th) est mesurée à l'aide d'une sonde descendue dans le trou du forage. Lors de cette

descente, l'enregistrement des variations de la radioactivité naturelle des roches traversées se fait de manière continue. La sonde est connectée à un ordinateur à l'aide d'un câble qui permet un enregistrement automatique des données qui sont exportées en format Excel.

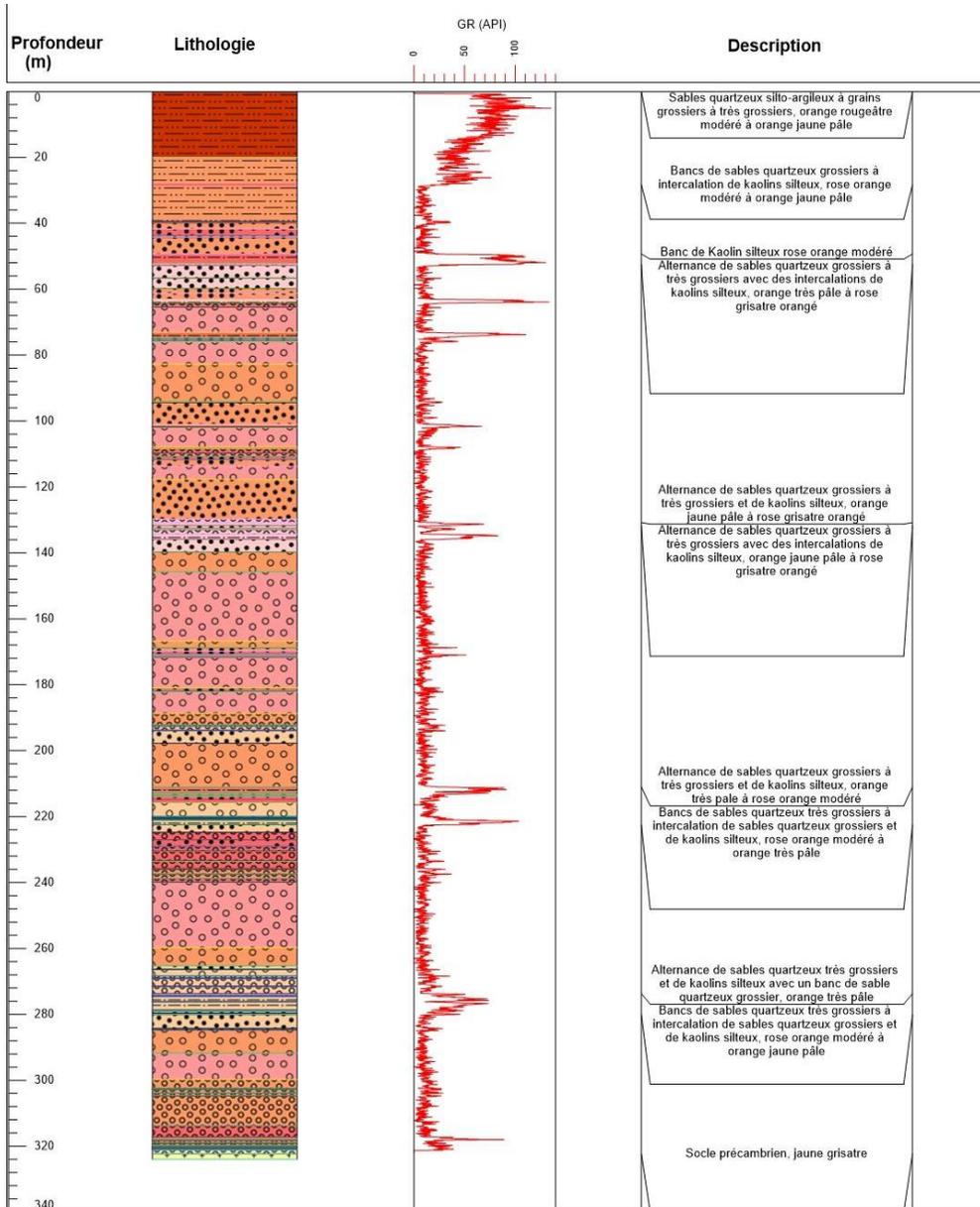
## Résultats

### Lithologie des sédiments de la région du Sud-Comoé

La lithostratigraphie des formations du forage d'Adiaké comprend trois faciès : sables silto-argileux, sables et kaolins silteux. A l'intervalle 0-28,3 m, ont été distingués les sables silto-argileux. Ils correspondent à la terre de barre qui traduit un milieu continental oxydé. Les faciès sableux et silteux sont constitués de grains de quartz et le faciès argileux, de kaolinite. Les sables grossiers se situent aux cotes 0-20 m et 22-28,3 m et les sables très grossiers aux cotes 20-22 m. Les couleurs des sables varient de l'orange rougeâtre modéré (0-20 m) à l'orange pâle jaunâtre (20-28,3 m). L'intervalle 28,3- 322,3 m est caractérisé par une alternance de sables et de kaolins silteux. Cette alternance traduit un milieu continental fluvial. Les sables sont grossiers à très grossiers et les kaolins sont constitués de kaolinite et de silts quartzueux. Les couleurs des sédiments varient de l'orange pâle jaunâtre à l'orange très pâle et du rose orange modéré au rose orange grisâtre. Cet intervalle a été scindé en neuf sous-intervalles en fonction de la taille des grains et la couleur des sédiments (**figure 2**). Cette lithologie est affinée par l'utilisation de la diagraphie, précisément le gamma ray.

Le log gamma ray a permis de distinguer nettement les sables des argiles. Les pics ont permis d'identifier neuf (9) bancs argileux :

- de 48 à 51,9 m : d'épaisseur 3,9 m, ce banc a des valeurs de GR comprises entre 2,5 et 130,42 API ;
- de 62 à 63 m : il est épais de 1 m avec des valeurs de GR variant de 4,3 à 20 API ;
- de 72 à 74 m : cette couche a 2 m d'épaisseur avec des valeurs de GR qui oscillent entre 2,39 et 110,41 API ;
- de 101 à 101,5 m : d'épaisseur 0,5 m, ce banc a des valeurs de GR comprises entre 20,89 à 51,08 API ;
- de 132-132,3 m : avec des valeurs de GR variant de 4,11 à 13,08 API, ce banc est épais de 0,3 m ;
- de 135,5 à 136 m : avec une épaisseur de 0,5 m ; cette couche a des valeurs de GR qui oscillent entre 6,39 et 56,68 API ;



**Figure 2:** Lithostratigraphie du forage d'Adiaké

- de 211 à 214 m : épais de 3 m, ce banc a des valeurs de GR comprises entre 15,30 et 91,40 API.
- de 220 à 222 m : avec des valeurs de GR variant de 12,49 à 103,39 API, cette couche a une épaisseur de 2 m ;
- de 316 à 317 m : épais de 1 m, ce banc a des valeurs de GR oscillant entre 2,11 et 16,59 API.

Pour l'ensemble des argiles, les valeurs de GR sont comprises entre 2,11 et 130,42 API.

La lithologie des sédiments issus du forage d'Aboisso est composée de sables silto-argileux, de sables et de sables graveleux (**figure 3**). Les sables silto-argileux se localisent entre les cotes 0 à 31,25 m. Ils correspondent à la terre de barre avec un environnement de dépôt de type continental oxydé. Les sables sont moyens à grossiers, de couleur rouge modéré. A l'intervalle 31,25 à 83,25 m se trouvent les sables quartzeux. Ils peuvent être répartis en onze sous-intervalles en fonction de la taille des grains et de la couleur. Les couleurs varient de rose modéré à rose orange modéré et d'orange rougeâtre modéré à orange jaunâtre pâle. Ces sables sont moyens à très grossiers à l'exception de quelques-uns qui sont graveleux. Les sables graveleux et grossiers à graveleux se localisent respectivement aux intervalles 83,25-89,25 m et 89,25-95 m. Les sables graveleux sont intercalés d'argile et de couleur rougeâtre modéré tandis que les sables grossiers à graveleux sont orange jaunâtre pâle avec des intercalations d'argile. Les enregistrements diagraphiques à partir du gamma ray apportent des informations complémentaires sur la lithologie.

Les pics observés sur le log gamma ray permettent de mettre en évidence cinq (5) couches argileuses :

- de 43,2 à 44,3 m : ce banc est épais de 1,1 m avec des valeurs de GR qui oscillent entre 24,5 et 147,4 API ;
- de 45,5 à 46,8 m : avec une épaisseur de 1,3 m, cette couche a des valeurs de GR comprises entre 25,5 et 84,9 API ;
- de 72,2 à 73,2 m : épais de 1,1 m, ce banc a des valeurs de GR oscillant entre 18,6 et 66,9 API ;
- de 84 à 84,9 m : avec des valeurs de GR variant entre 25,3 et 92,2 API, cette couche est épaisse de 0,9 m ;
- de 85,6 à 87,2 m : avec une épaisseur de 1,6 m, ce banc a des valeurs de GR comprises entre 38,4 et 102,8 API.

Les valeurs de GR pour l'ensemble des argiles varient de 18,6 à 147,4 API.

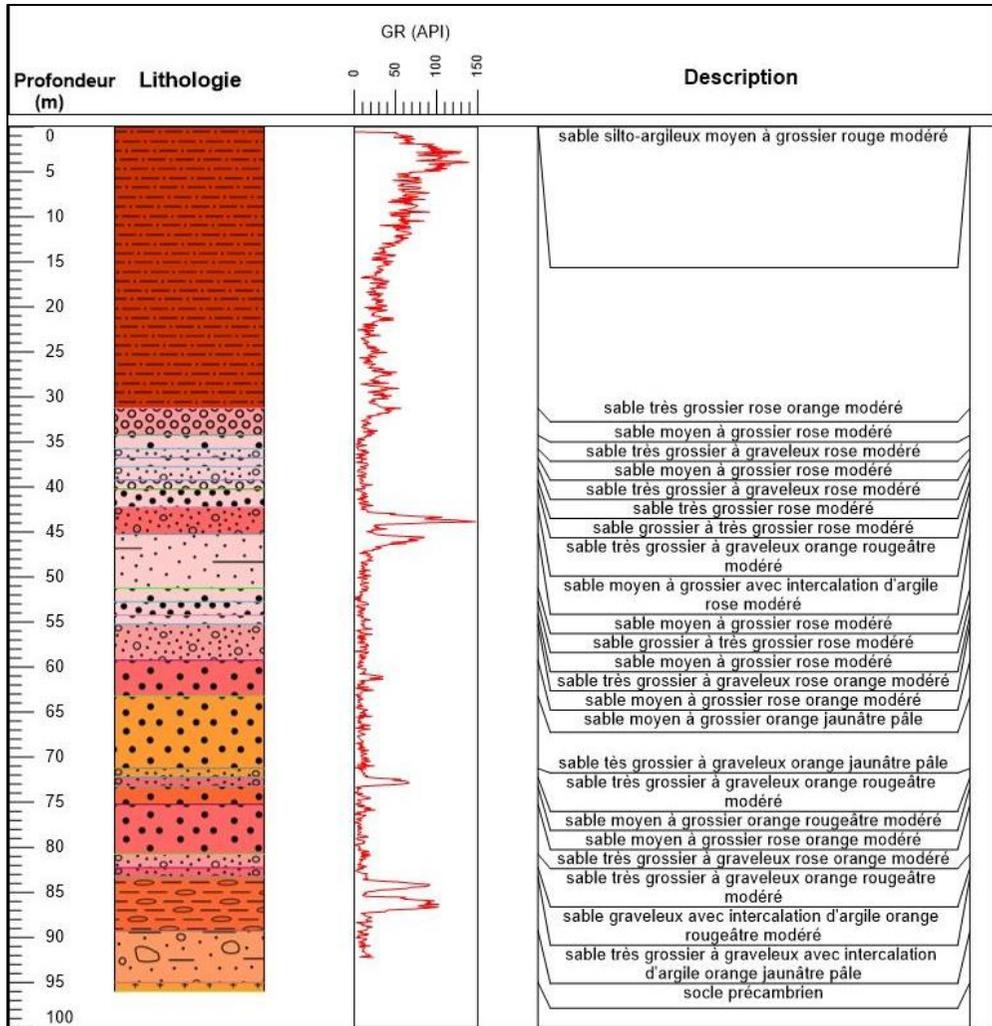
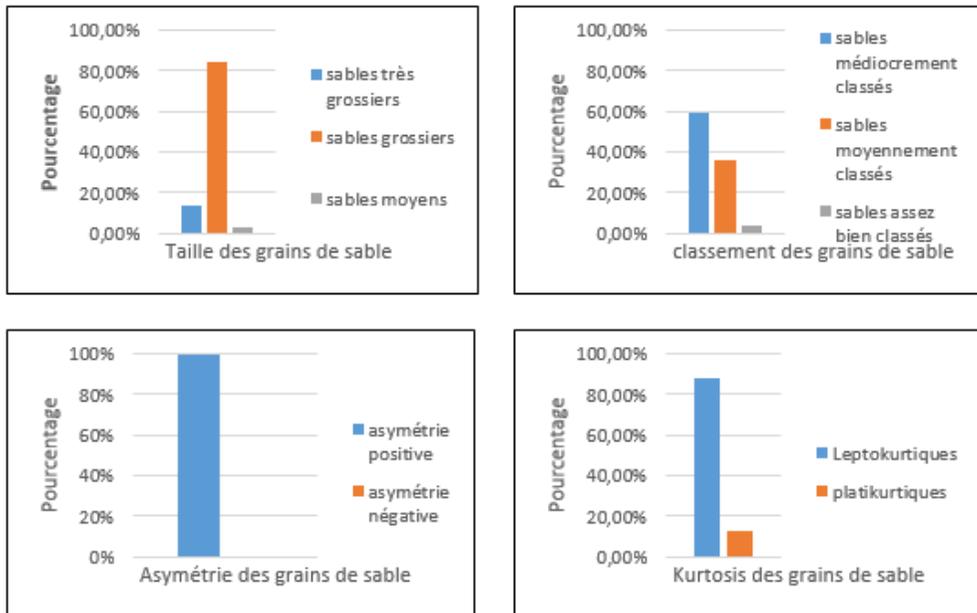


Figure 3: Lithostratigraphie du forage d'Aboisso

### Granulométrie des sédiments du Sud-Comoé

L'analyse granulométrique des sables d'Adiaké montre que la fraction grossière est la plus abondante, avec une proportion de 84 % des sédiments. Les sables très grossiers ont un pourcentage de 13,42 % et les sables moyens, une faible proportion de 2,68 %. L'histogramme du classement présente majoritairement des sables médiocrement classés (57,72 %), suivis par des sables moyennement classés (38,25 %) et peu de sables assez bien classés (4,03 %). Les valeurs de skewness ont permis de montrer que tous les sables sont symétriquement positifs ( $g_1 > 0$ ). Il y a une prépondérance de tailles fines par rapport à la moyenne. Les valeurs d'aplatissement révèlent deux types de kurtosis. Les leptokurtiques sont majoritaires (88,25 %) suivis des platikurtiques avec 12,75 % (figure 4).



**Figure 4:** Histogramme des paramètres granulométriques des sables d'Adiaké

Les différents paramètres granulométriques des sédiments d'Adiaké (**figure 5**) ont été déterminés aussi en fonction de la profondeur. L'asymétrie est positive tout le long du forage.

- Aux cotes 1,75 à 5,75 m : les sables sont moyens avec une taille des grains variant entre 1,15 et 1,18 et moyennement classés avec un écart-type compris entre 0,87 et 0,92. Les sables sont leptokurtiques (3,09) à platikurtiques (2,91) ;
- de 7,75 à 179,75 m : les sables sont grossiers, moyennement à médiocrement classés et à majorité leptokurtiques. Hormis le sable très grossier (-0,02) et médiocrement classé (0,95) qui se trouve à la profondeur 151,75 m ;
- des cotes 181,75 à 197,75m : les sables sont aussi grossiers avec une moyenne comprise entre 0,09 et 0,79. Ils sont médiocrement (1,01-1,35) à moyennement (0,89-0,9) classés et sont leptokurtiques (3,23-7,36). Le sable est très grossier (-0,01) à la cote 199,75 m et est médiocrement classé avec un sorting de 0,91. De même, il est leptokurtique (10,27) ;
- de 201,75 à 239,75 m : les sables sont grossiers (0,06-0,72) et médiocrement classés (1,03-1,38). Excepté les cotes 225,75m et 229,75 m où les sables sont très grossiers avec une moyenne variant de -0,04 à -0,01 et moyennement classés (0,78-0,87). Ces sables sont à majorité leptokurtiques.

- aux cotes 241,75-245,75 m : il y a des sables très grossiers (-0,18 et -0,34). Ils sont moyennement (0,76-0,81) à assez bien classés (0,59). Ils sont leptokurtiques sauf un qui est platikurtique (2,5) à la cote 219,75 m ;
- de 247,75 à 249,75 m : les sables sont grossiers (0,02-0,2) et moyennement (0,96) à médiocrement (1,01) classés. Ils sont leptokurtiques (6,72-9,05). Le sable est très grossier (-0,22), assez bien classé (0,51) et leptokurtique (45,14) à la cote 251,75 m ;
- aux cotes 253,75-269,75 m : il y a une alternance de sables grossiers (0,22-0,69), moyennement (0,78-0,85) classés et très grossiers (-0,15 à -0,021), médiocrement (1,02-1,37) classés. Ces sables sont leptokurtiques ;
- de 271,75 à 285,75 m : les sables sont médiocrement classés (1,19-1,89) et grossiers (0,3-0,52) à moyens (1,16-1,25). Ils sont leptokurtiques (3,88-6,21) ou platikurtiques (1,89-2,13) ;
- aux cotes 287,75 à 319,75 m : il y a aussi une alternance de sables grossiers à très grossiers. Ils sont médiocrement (1-1,37) à moyennement (0,71-0,93) classés à l'exception de quelques sables très grossiers qui sont assez bien classés (0,63-0,67). Ils sont leptokurtiques (4,42-75,09).

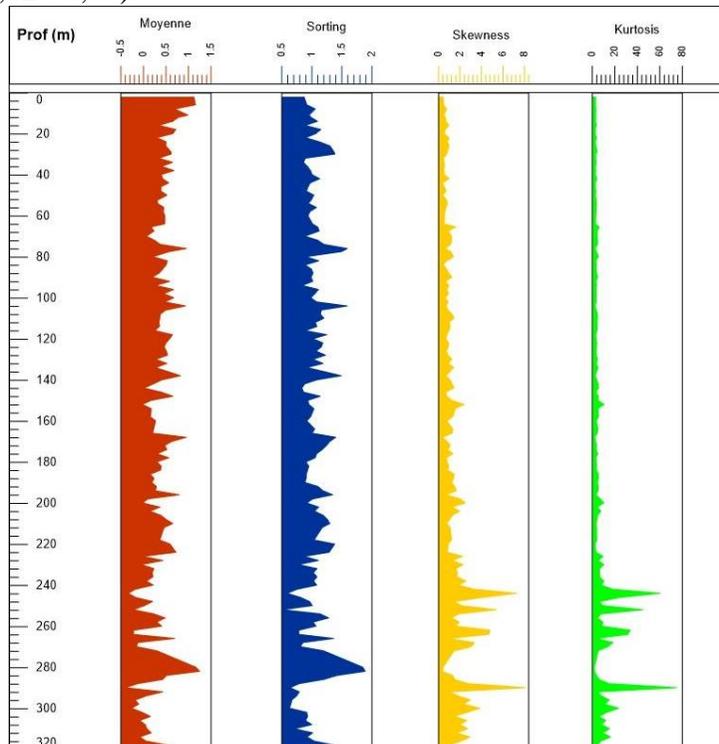
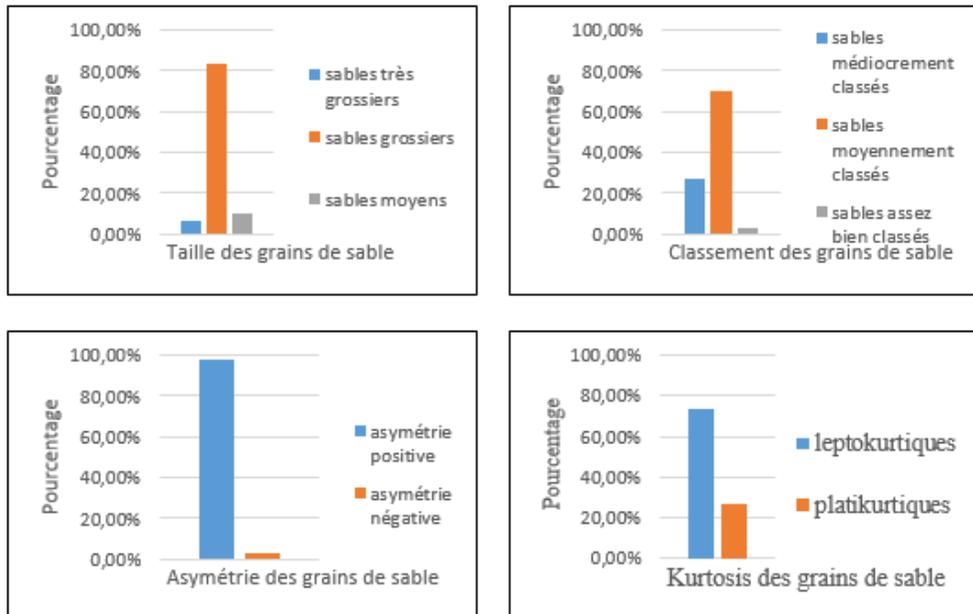


Figure 5: Log des paramètres granulométriques du forage d'Adiaké

L'analyse granulométrique des sables d'Aboisso révèle que les sables grossiers sont les plus abondants avec 83,33 %. Ils sont suivis des sables moyens (10 %) et des sables très grossiers (6,67 %). Les valeurs d'écart type permettent de classer les sables. Les sables sont moyennement classés (70 %) à médiocrement classés (26,67 %). A l'exception d'un sédiment qui se trouve à la cote 75,75 m, qui est assez bien classé (3,33 %). Presque tous les sables ont une asymétrie positive (97,67 %). Excepté un, qui a une asymétrie négative d'une valeur de -0,15 à la cote 47,75 m. Les valeurs de l'aplatissement ( $g_2$ ) donnent deux types de kurtosis. Les leptokurtiques sont majoritaires avec 73,33 % et les platikurtiques, minoritaires avec 26,67 % (**figure 6**).



**Figure 6:** Histogramme des paramètres granulométriques des sables d'Aboisso

En fonction de la profondeur, les paramètres granulométriques d'Aboisso ont été également déterminés (**figure 7**). L'asymétrie est positive (0,03-2,65) tout au long du forage excepté à la profondeur 47,75 m où elle est négative (-0,15).

- Aux cotes 7,75 à 43,75 m : les sables sont grossiers avec une moyenne comprise entre 0,10 et 0,99. Ils sont médiocrement (1,04-1,07) à moyennement (0,74-0,99) classés. Ils sont soit platikurtiques, soit leptokurtiques ;
- De 47,75 à 51,75 m : il y a des sables moyens (1,04-1,41), platikurtiques et moyennement (0,88-0,99) à médiocrement classés (1,39) ;

- aux cotes 53,75 à 79,75 m : les sables sont grossiers (0,03-0,76), soit platikurtiques soit leptokurtiques. Ils sont médiocrement (1-1,15), moyennement (0,73-0,89) et assez bien (0,69) classés. Aussi à la cote 81,75 m, le sable est très grossier (-0,05), moyennement classé (0,91) et leptokurtique (8,61) ;
- de 83,75 à 85,75 m : il y a aussi des sables grossiers, moyennement (0,96) à médiocrement (1,05) classés et leptokurtiques (5,73-7,02) ;
- à la cote 87,75 m : le sable est très grossier (-0,15), moyennement classé (0,82) et leptokurtique (14,10) ;
- enfin à la cote 91,75 : le sable est grossier (0,29) et moyennement classé (0,89). Il est aussi leptokurtique (4,46). L'allure des courbes de la moyenne et du sorting sont sensiblement les mêmes, de même que les courbes du skewness et du kurtosis pour les villes d'Adiaké et d'Aboisso.

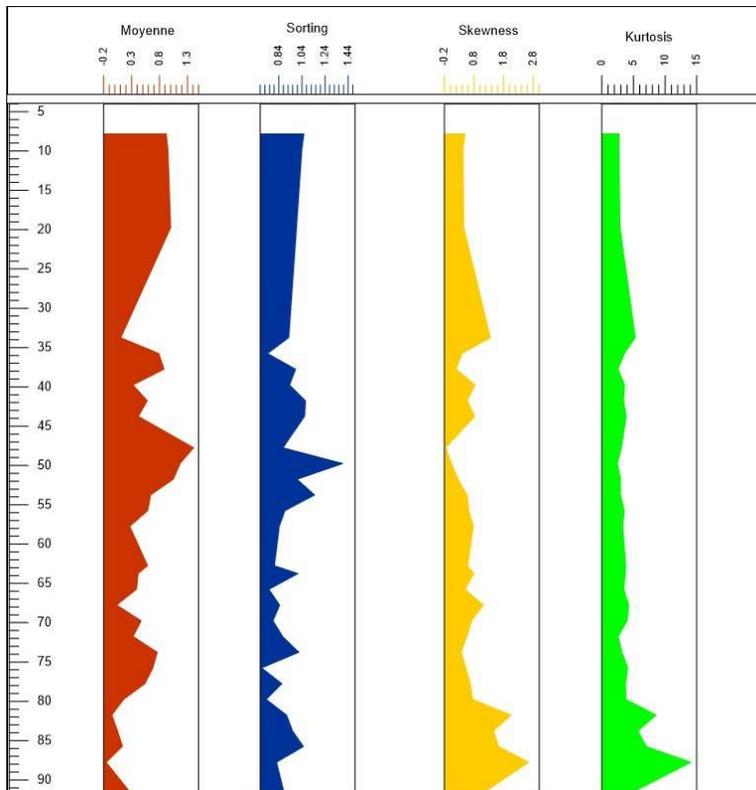


Figure 7: Log des paramètres granulométriques du forage d'Aboisso

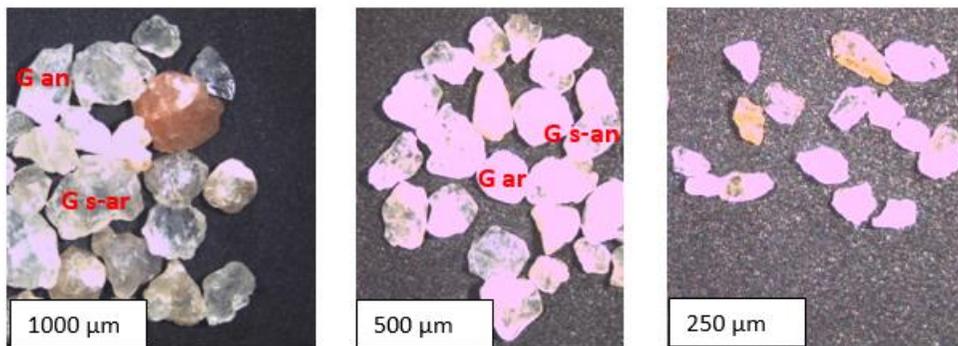
### Morphoscopie des grains de quartz du Sud-Comoé

L'analyse morphoscopique a permis de dénombrer quatre formes de grains de quartz : anguleux, sub-anguleux, sub-arrondis et arrondis (**figure 8**). Les grains sont émoussés luisants avec quelques teintes orangées à gris clair.

Les proportions relatives des différentes formes de quartz (**tableau I**) montrent que les grains sub-arrondis sont les plus abondants (56,4 % pour 1000  $\mu\text{m}$ , 60,8 % pour 500  $\mu\text{m}$  et 65,6 % pour 250  $\mu\text{m}$ ) quel que soit la fraction granulométrique. Les grains anguleux représentent la plus faible proportion (10,4 % pour 1000  $\mu\text{m}$ , 11,6 % pour 500  $\mu\text{m}$  et 4 % pour 250  $\mu\text{m}$ ). Aussi plus la taille des grains de quartz diminue, plus la proportion de grains sub-arrondis (56,4 à 65,6 %) et arrondis (13,6 à 22 %) augmente contrairement à celle des grains sub-anguleux (20,4 à 8,4 %) et anguleux (11,6 à 4 %) qui diminue considérablement.

**Tableau I:** Proportions relatives des formes de grains de quartz dans les puits du Sud Comoé

Forme	Pourcentage	taille des grains de quartz	1000	500	250
Arrondie			13,6 %	16,4 %	22 %
Sub-arrondie			55,6 %	60,8 %	65,6 %
Sub-anguleuse			20,4 %	11,2 %	8,4 %
Anguleuse			10,4 %	11,6 %	4 %



**Figure 8:** Morphoscopie des grains de quartz :grains arrondis (G ar), grains anguleux (G an), grains sub-arrondis (G s-ar), grains sub-anguleux (G s-an)

## Discussion

La diagraphie et les données recueillies sur les déblais permettent de faire une meilleure reconstitution lithologique de la région du Sud-Comoé. Deux faciès sont mis en exergue les sables et les argiles recouverts par la terre de barre (sables silto-argileux). Pour Vigreux *et al.*, 2011, l'alternance des sables et argiles suggère un hydrodynamisme local très contrasté avec une variation de l'intensité des crues ou des déplacements latéraux des lits de rivières. Les bancs sableux intercalés d'argiles traduiraient le comblement d'un chenal creusé dans les plaines d'inondation continentale (Assalé, 2013). Les couleurs observées pour les sédiments sont roses, orange, jaune et rouge. Cela pourrait s'expliquer par la présence d'oxyde et d'hydroxyde de fer. Les sédiments rougeâtres indiquent la présence d'oxyde de fer et nous avons un milieu continental oxydé sous un paléoclimat semi-aride (Assalé, 2013). C'est

dans la même optique que Bourkhir *et al.*, 2017 affirme que la mobilisation du fer dans un milieu plutôt oxydant est à l'origine de la couleur rougeâtre. Les couleurs des sédiments variant du rose clair, rose, rose sombre, orangé à jaune traduisent la présence de minéraux d'hydroxyde de fer évoluant dans un milieu suboxydé à oxydé (Myrow, 2003). Les sables sont en grande partie grossiers, moyennement à médiocrement classés. Ces résultats sont conformes à ceux d'Assalé *et al.*, 2012 à l'exception des sables qui majoritairement moyennement classés (89,5 %). Pour Yao *et al.*, 2014 et Douzo *et al.*, 2019, les sables sont grossiers à moyens, ce qui est corroboré par Lowe (1982) et Cremer (1983). Ils affirment que le dépôt de sables moyens à grossiers intercalés d'argiles est dû à la variation de l'énergie de dépôt lorsqu'un courant de turbidité de haute densité se manifeste. L'asymétrie est positive alors le pic se trouve les tailles inférieures des sédiments (Dibi *et al.*, 2022), c'est-à-dire les sables moyens dans notre cas. Ils sont leptokurtiques, ce qui signifie que la distribution est bien classée. C'est un marqueur de mode de transport à puissance constante. Les grains de quartz sont majoritairement sub-arrondis à arrondis conformément aux travaux de (N'Zi *et al.*, 2018), ce qui suggère une source pourvoyeuse relativement distale. Leur aspect est émoussé luisant, ce qui traduit l'influence du transport aquatique et une dynamique fluviale sur les grains de sable (Douzo *et al.*, 2019).

## **Conclusion**

La lithostratigraphie des deux forages du Sud-Comoé (Aboisso et Adiaké) fait ressortir en surface des sables silto-argileux, suivis d'épaisses formations sableuses où sont intercalés des bancs discontinus d'argiles. La granulométrie montre que les sables sont en grande partie grossiers et moyennement à médiocrement classés. Ils ont une asymétrie positive et sont leptokurtiques. Les différents paramètres granulométriques ont été déterminés en fonction de la profondeur des forages. La morphoscopie présente des grains de quartz majoritairement sub-arrondis à arrondis, émoussés luisants, témoignant d'un long transport en milieu aqueux.

**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. Assalé, F.Y.P. (2013). Caractérisation sédimentologique, palynologique, géochimique et paléoenvironnementale des formations de l'Est du bassin onshore de Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Géologie marine, Université Felix Houphouët Boigny, Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 361p.
2. Assalé, F.Y.P., Mondé, S., & Aka, K. (2012). Caractérisation lithostratigraphique et petro-sédimentologique des formations tertiaire-quadernaires de la région de Bingerville (Côte d'Ivoire). *Afrique Science*, 8(2), 93-112.
3. Blé, N.C., Kouao, A.F.A., Assalé, F.Y.P., Brou, U.M., Deneanh, S., & Mondé, S. (2022). Reconstitution lithologique des dépôts du Continental Terminal ivoirien par gamma ray : cas des déblais du forage P1 de Bingerville. *International Journal of Innovation and Applied*, 37(1), 154-166.
4. Boukhir, M., Jamal, M., & Azzouzi, K. (2017). Étude Lithostratigraphique Des Formations Superficielles Urbaines Du Secteur Nord De La Ville De Fès, Maroc. *European Scientific Journal*., 13(33), 129 p.
5. Cailleux, A. (1947). Distinction des sables marins et fluviaux. *Bull. Soc Géol. Fr.*, 5e série, t. XV, 375-404.
6. Cremer, M. (1983). Approches sédimentologiques et géophysiques des accumulations turbiditiques. L'éventail profond du Cap-Ferret (Golfe de Gascogne), la série des grès d'Annot (Alpes de haute province). Thèse Doctorat d'Etat Es-Sciences., Université. Bordeaux I (France), 344p.
7. Dibi, F.Y., Assalé, F.Y.P., N'Goran, J.P.Y., Brou, U.M., & Digbéhi, Z.B. (2022). Caractérisation lithostratigraphique, morphoscopique et granulométrique des sédiments du substratum de la baie du banco, Abidjan, basse Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 21(3), 28-43.
8. Douzo, J.W.D., Amalaman, K.T.S., Dibo, W. B., & Yao, N.J.P. (2019). Caractérisation lithostratigraphique et sédimentologique des dépôts des sondages de Fresco et de Grand-Lahou (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Essai de corrélation et paléoenvironnements. European Scientific Journal*, May 2019 edition, (15), 401-422.
9. Folk, R., & Ward, W. (1957). Brazors river bors, a study in significance of grain size parameters. *J.Sedim.Petrol.*, vol.27, pp 13-27.
10. Gbangbot, J-M.K., Digbéhi, Z.B., Yao, N.J-P., Mondé, S., & Yao, A.N. (2012). Litostratigraphie des dépôts de subsurface des régions de Bingerville et d'Assinie, Sud et Sud-est, Basse Côte d'ivoire. *Essai de*

- comparaison des environnements de dépôts au cours du Tertiaire. Euro Journals Publishing, 86(1), 41-52.
11. Lowe, D. (1982). Sediment gravity flows II-depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity current. *Journal of Sedimentary Petrology.*, 52(1), 279-297.
  12. Myrow, P.M. (2003)."Colors of sedimentary rocks In : Encyclopedia of Earth Sciences Series : Encyclopedia of sediments and sedimentary rocks", GERARD V.M.Editions Springer, Canada, 159-161.
  13. N'Zi, J.C., Touré, M., Yao, N.J-P. & Kouassi, A.R. (2018). Caractérisation sédimentologique et minéralogique des formations tertiaires du bassin onshore de La région d'Abidjan, Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 14(18), 219-232.
  14. Pettijohn, F. (1949). *Sedimentary Rocks – Happer Frères*. In *Sedimentology*. With 177 figures and 17 tables. Translation Thomas Reimer. CHAMLEY H. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 285p.
  15. Vigreux, T., Aoustin, D., & Flotte, P. (2011). Enregistrement sédimentaire et environnement holocène de la plaine alluviale du Giessen (Scherwiller, Bas Rhin, Alsace). *Quaternaire*, 22(2), 129-145.
  16. Yao, N.J-P., Gbangbot, J-M.K., Bié, G.R., & Digbéhi, Z.B. (2014). Essai de caractérisation sédimentologique et paléoenvironnementale des dépôts de subsurface d'Abidjan Nord Sud de la Côte d'Ivoire. *Bioterre.Inter.Sci. de la Terre*, (14), 8-20.

## Diversité des Plantes d'Intérêt Apicole dans la Région des Plateaux du Togo

*Koudegnan Comlan Mawussi*

*Atchou Kokou Adoukonou*

*Kokou Kouami*

Laboratoire de Recherche Forestière (LRF), Université de Lomé, Togo.

Unité de Recherche de Palynologie, Algologie et Paléoécologie de LRF,  
Université de Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p138](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p138)

Submitted: 27 October 2024

Accepted: 28 November 2024

Published: 31 December 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Mawussi K.C., Adoukonou A.K. & Kouami K. (2024). *Diversité des Plantes d'Intérêt Apicole dans la Région des Plateaux du Togo*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 138.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p138>

### Résumé

**Description du sujet.** Les plantes d'intérêt apicole regroupent toutes les plantes qui intéressent les abeilles par la fourniture des nutriments indispensables à leur survie, notamment le nectar, le pollen, la résine, la propolis, l'eau. **Objectif.** Le présent travail a consisté à caractériser les plantes à intérêt apicole rencontrées dans la Région des Plateaux du Togo. **Méthodes.** Cette caractérisation s'est basée sur le couplage de l'observation directe sur le terrain dans un rayon de 1km autour des ruchers à l'analyse pollinique des miels récoltés dans cette zone d'étude. L'observation directe a consisté de relever sur le site d'étude les différentes espèces végétales visitées par les abeilles butineuses en fonction des nutriments récoltés, alors que l'analyse pollinique a permis d'identifier par observations microscopiques les plantes dont les pollens ont été prélevés par les abeilles et ajoutés au miel. **Résultats.** La présente étude a permis de recenser 117 espèces à intérêt apicole qui appartiennent à 113 genres répartis dans 45 familles. De façon générale, Les Fabaceae suivies des Asteraceae sont les familles les plus dominantes. Il ressort que les nectarifères (60%) sont les plus abondants suivis des plantes nectaro-pollinifères (21,33%) et des plantes pollinifères (18,67%). **Conclusion.** La connaissance de ces plantes impliquera leur meilleure

valorisation pour une professionnalisation et un développement durable de la filière apicole.

---

**Mots-clés:** Analyse pollinique, Apiculture, Caractérisation, Observation directe, Région des plateaux/Togo

---

## **Diversité des Plantes d'Intérêt Apicole dans la Région des Plateaux du Togo**

*Koudegnan Comlan Mawussi*  
*Atchou Kokou Adoukonou*  
*Kokou Kouami*

Laboratoire de Recherche Forestière (LRF), Université de Lomé, Togo.  
Unité de Recherche de Palynologie, Algologie et Paléoécologie de LRF,  
Université de Lomé, Togo

---

### **Abstract**

**Description of the subject.** Plants of beekeeping interest include all plants that are of interest to bees by providing nutrients essential to their survival, in particular nectar, pollen, resin, propolis, and water. **Objective.** This work consisted of characterizing the plants of beekeeping interest encountered in the Plateau Region of Togo. **Methods.** This characterization was based on the coupling of direct observation in the field within a 1km radius around the apiaries with pollen analysis of honey collected in this study area. Direct observation consisted of noting on the study site the different plant species visited by foraging bees based on the nutrients collected, while pollen analysis made it possible to identify, through microscopic observations, the plants whose pollen was collected. taken by bees and added to honey. **Results.** The present study made it possible to identify 117 species of beekeeping interest which belong to 113 genera distributed in 45 families. Generally speaking, Fabaceae followed by Asteraceae are the most dominant families. It appears that nectar plants (60%) are the most abundant, followed by nectaro-polliniferous plants (21.33%) and polliniferous plants (18.67%). **Conclusion.** Knowledge of these plants will imply their better valorization for professionalization and sustainable development of the beekeeping sector.

---

**Keywords:** Pollen analysis, Beekeeping, characterization, Direct observation, Plateaux region/Togo

## Introduction

Les plantes regorgent d'éléments indispensables dont les animaux ont besoin pour se nourrir et survivre. Ces éléments existent dans les écorces, les feuilles, les racines, les fruits et en quantité inestimable dans les fleurs. Certaines de ces plantes offrent aux abeilles des ressources alimentaires indispensables à leur survie, notamment le nectar, le pollen et la résine. En contrepartie, les abeilles assurent leur pollinisation (Hamel *et al.*, 2019). Plus de 70% des 127 types de cultures les plus importantes au niveau mondial, dont la quasi-totalité des arbres fruitiers, bénéficient de l'activité pollinisatrice des abeilles sauvages et domestiques (Eilers *et al.*, 2011). D'après les résultats des travaux de Lobreau-Callen *et al.* (1986) réalisés en savanes arborées au centre du Togo et du Bénin sur la connaissance des relations abeilles/plantes, il ressort que les abeilles exercent un choix restreint sur les ressources végétales disponibles dans leur environnement. Certaines plantes sont sélectionnées par les abeilles pour satisfaire leurs besoins nutritionnels (en nectar, en pollen, etc.). Ces plantes ont un intérêt en apiculture et constituent donc un maillon fondamental pour l'activité apicole (Nguemo *et al.*, 2004; Sawadogo et Guinko, 2001; Siendou *et al.*, 2013).

Plusieurs études ont été entreprises afin d'améliorer les connaissances sur la flore apicole et sur les ressources alimentaires dont disposent les abeilles en Afrique (Hamel et Boulemtafes, 2017; Boutabia *et al.*, 2016; Achou *et al.*, 2015; Iritie *et al.*, 2014; Carroll et Kinsella, 2013; Lehoux et Chakib, 2012; Yedomonhan *et al.*, 2012; Nombéré, 2003; Guinko *et al.*, 1992).

Au Togo, plus particulièrement dans la région des plateaux, l'intérêt qu'accordent les populations locales à l'apiculture s'accroît progressivement. Cependant, plusieurs défis restent à relever, notamment l'aménagement des domaines apicoles. Divers travaux ont été effectués sur la flore apicole du pays. On peut citer ceux de : Lobreau-Callen *et al.* (1986) réalisés au centre du Togo portant sur des relations abeilles/plantes en savanes arborées du Togo et du Bénin ; Aloma (2000) sur les facteurs de production de miel des sites d'Aképe et d'Agotimé-Nyitoé réalisé au sud-Togo ; et, Koudegnan *et al.* (2012) sur l'inventaire des taxons polliniques des miels de la zone guinéenne du Togo. Il faut cependant relever que quelques-unes de ces études se sont basées sur des analyses polliniques des échantillons de miels pour la connaissance de la flore mellifère autour des ruches. En effet, les analyses polliniques ne révèlent pas directement les plantes nectarifères, c'est-à-dire les plantes sur lesquelles les abeilles prélèvent du nectar, principale source végétale utilisée pour la fabrication du miel. A ce jour, aucune étude, basée sur la méthode d'observation directe sur le terrain couplée à l'analyse pollinique, n'a spécifiquement porté sur la typologie ou la caractérisation des plantes butinées par les abeilles en fonction des nutriments prélevés. Et pourtant, de telles informations constituent un préalable pour l'aménagement

des domaines apicoles, permettant ainsi d'estimer les futures récoltes des produits de la ruche (Bista et Shivakoti, 2001; Janssens *et al.*, 2006). La question de recherche suivante s'impose : quelle est la typologie des plantes à intérêt apicole de la région des plateaux ? La richesse de la biodiversité serait à l'origine de la diversification des nutriments disponibles dans les fleurs des plantes à intérêt apicole de la région des plateaux. Cette étude a pour objectif général de contribuer à une meilleure connaissance de l'activité apicole dans la région des plateaux. Spécifiquement il s'agit de caractériser les différentes espèces végétales butinées par les abeilles dans cette région du Togo.

## **Materiels et Methodes**

### **Zone d'étude**

La Région des Plateaux (Fig. 1), qui a pour chef-lieu Atakpamé, est composée de 12 préfectures à savoir : Ogou, Moyen-Mono, Haho, Agou, Kloto, Kpélé, Danyi, Wawa, Akébou, Amou, Anié et Est-Mono. Elle est située entre 6°32' et 8°21' latitude Nord et 0°44' et 1°36' longitudes Est. Elle est limitée au nord par la Région Centrale, au sud par la Région Maritime, à l'est par le Bénin et à l'ouest par le Ghana. Jouissant d'un climat subéquatorial caractérisé par deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses (Kassa *et al.*, 2018), la pluviométrie de cette région varie d'une zone à l'autre entre 800 et 1700 mm d'eau par an au cours de ces 25 dernières années. La région est traversée par le fleuve Mono et ses affluents (dont Anié, Ogou, Ofé). Sur le plan phytogéographique, la région imbrique deux zones écologiques notamment la zone III et la zone IV (Ern, 1979). Selon les résultats du 5<sup>ème</sup> Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH-5), elle compte 1.635.946 habitants dont 829 792 femmes soit 50,7 % de la population. (INSEED, 2022). Une diversité de groupes ethniques vit principalement des revenus de l'agriculture comme principale activité.

Sur le plan cantonal, le miel est produit dans plusieurs villages des cantons de ces préfectures. On peut signaler entre autres les cantons comme : Glitto, Gnagna, Datcha, Notsè, Wahala, Avédjé, Ekpégnon, Nyogbo, Gadjagan, Kati, Novivé, Centre, Elavagnon (Est-Mono), Kpimé, Kuma, Yokélé, Okpahoué, Otadi, Atigba et Elavanyo (Danyi).

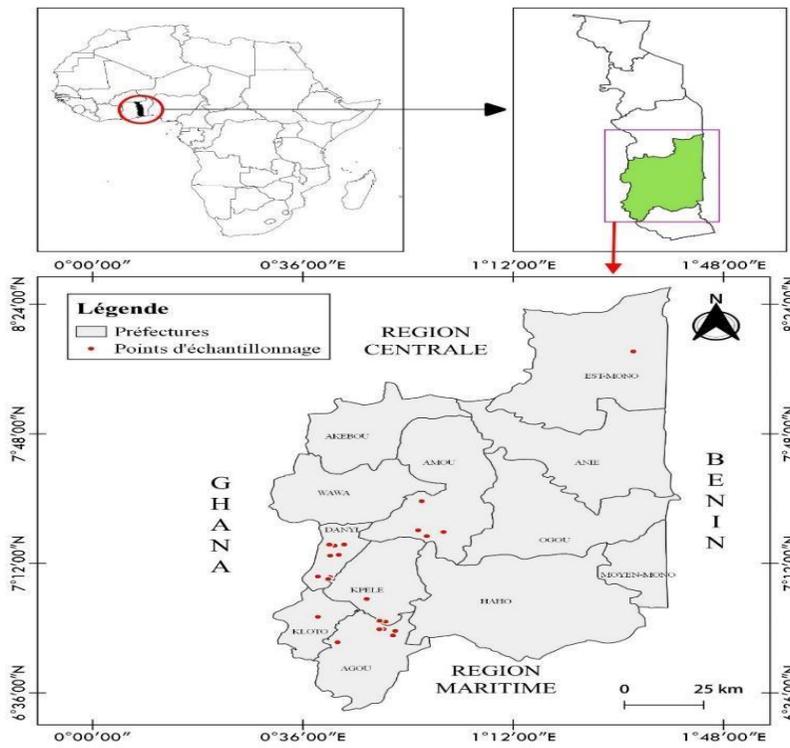


Figure 1 : Zone d'étude

## Matériel et Méthodes

### Matériel

Le matériel de travail a été constitué du matériel de terrain et du matériel de laboratoire. Les outils de terrain sont composés principalement des fiches d'enquête, d'un bloc note, des fiches d'inventaire floristique, d'une paire de jumelle, d'un récepteur GPS (Global Positioning System), d'un décimètre, d'un appareil photographique, des flacons, etc. Pour les traitements et les analyses polliniques des échantillons de miel récoltés, il a nécessité l'utilisation des pipettes graduées, des tubes de recueil des culots de miel, de l'alcool (éthanol), des acides (acide acétique, acide sulfurique, anhydride acétique), d'un bain-marie, d'une balance, d'une centrifugeuse, de l'eau distillée, de la glycérine, d'un mixeur, des lames porte-objets, des lamelles couvre-objets, d'un bloc note, de l'huile à émersion, d'un microscope.

### Méthodes

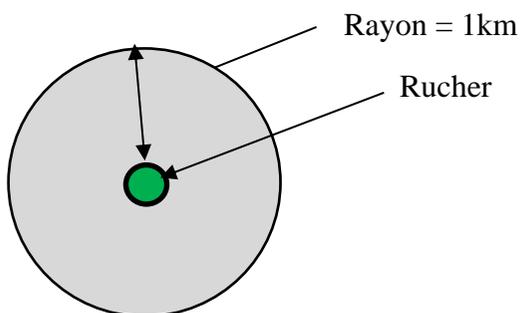
#### Enquêtes ethnobotaniques

Au total, soixante (60) apiculteurs répartis dans six (06) préfectures ont fait objet d'enquête selon la méthode de boule de neige. Cette méthode consiste à enquêter une personne recommandée par un enquêté, et ainsi de

suite. L'enquête a consisté à des entretiens individuels au moyen d'un questionnaire. Elle a pris en compte la connaissance des apiculteurs sur les plantes butinées par les abeilles, les nutriments prélevés sur chaque espèce de plante, ainsi que les saisons de floraison de ces plantes.

### Observation directe sur le terrain

Sur la base des données recueillies lors des enquêtes ethnobotaniques, des observations directes sur le terrain dans certains domaines apicoles en présence des apiculteurs ont été effectuées dans une aire de 1km de rayon autour des ruchers (Fig. 2). Ceci a permis de vérifier les informations recueillies auprès des apiculteurs sur les types des plantes à intérêt apicole disponibles dans leur domaine apicole.



**Figure 2:** Représentation de l'aire d'observation directe sur le terrain des plantes d'intérêt apicole

Pour caractériser les plantes butinées, les critères définis par Iritie *et al* (2014) ont été utilisés : il s'agit de : **(1)** plantes mellifères dont les fleurs ont été butinées par les abeilles ; **(2)** plantes pollinifères dont les grains de pollens sont récoltés par les abeilles au niveau des « corbeilles à pollen » situées sur la paire de pattes postérieures ; **(3)** les plantes nectarifères dont le nectar est prélevé par les abeilles (l'abeille allait en profondeur au niveau des corolles) ; **(4)** plantes nectaro-pollinifères dont le nectar et les pollens sont simultanément butinés par les abeilles ; et, **(5)** les plantes résinifères dont la résine est sucée. Les échantillons non identifiés sur le terrain sont récoltés et identifiés à l'herbarium de l'Université de Lomé.

### Analyses polliniques

Au total, 15 échantillons de miels provenant de 5 préfectures ont été collectés et soumis à l'analyse pollinique dans l'Unité de Recherche de Palynologie, Algologie et Paléoécologie du Laboratoire de Recherche Forestière pour confirmer ou infirmer et compléter la liste des espèces identifiées sur le terrain. Pour les traitements palynologiques, un volume de 20 ml de chaque échantillon de miel récolté sont prélevés et traités suivant la

méthode d'acétolyse mise au point par Erdtman (1960) et revue par Koudegnan *et al* (2012) afin d'éliminer les sucres, les cires et les protéines sur l'exine et facilité les déterminations des taxa polliniques par observations microscopiques. Les collections, les lames de référence et la clé de détermination disponibles au Laboratoire ont servi de bases de détermination. Les identifications taxonomiques peuvent être faites jusqu'au niveau genre ou espèce (de préférence). Pour les déterminations au niveau famille, la base de données polliniques APD (African Pollen Database) prévoit qu'on ajoute le suffixe undiff. (undifferentiated) qui signifie en français indifférencié à la famille (ex. Moraceae undiff,...).

### **Diversité floristique**

La diversité floristique est évaluée à l'aide de la richesse spécifique, de la diversité en genre et en familles (Daget, 1980). Les types biologiques de toutes les espèces ont été établis sur la base des types biologiques définis par Raunkiaer (1934) : phanérophytes (Ph); mégaphanérophytes (MPh); mésophanérophytes (Mph); les microphanérophytes (mph); nanophanérophytes (nph), phanérophytes ligneux grimpants (Phgr), les épiphytes (Ep); les chaméophytes (Ch); les géophytes (Ge): géophytes bulbeux (Geb); géophytes suffrutescents (Gis); géophytes rhizomateux (Ger) et géophytes tuberculeux (Get); les thérophytes (Th); thérophytes grimpants (Thgr); thérophytes rampants (Thr); les hémicryptophytes (He): hémicryptophytes cespiteux (Hec); hémicryptophytes bulbeux (Heb); hémicryptophytes rhizomateux (Her); les hydrophytes (Hyd).

Pour la chorologie, les espèces recensées dans la zone d'étude ont été classées en éléments phytogéographiques selon White (1983); espèces largement répandues : espèces cosmopolites (Cosm); espèces pantropicales (Pan); espèces palkotropicales (Pal); espèces afro-américaines (Aam); les espèces afro-malgaches (AM); Les espèces plurirégionales africaines (P-A); Les espèces afrotropicales (AT); espèces guinéo-congolaises (GC); espèces soudano-zambéziennes (SZ); les espèces soudaniennes (S); les espèces introduites (I).

### **Saisies et Traitements des données**

Le traitement des données à consister à saisir les données recueillies au cours des différentes activités de cette étude dans un tableau Excel et à organiser en données statistique. Les données collectées ont été encodées pour une analyse descriptive avec Microsoft Office Excel 2016 et le logiciel statistique Minitab 13. Le logiciel QGIS a servi à la cartographie de la zone d'études.

## Resultats et Discussions

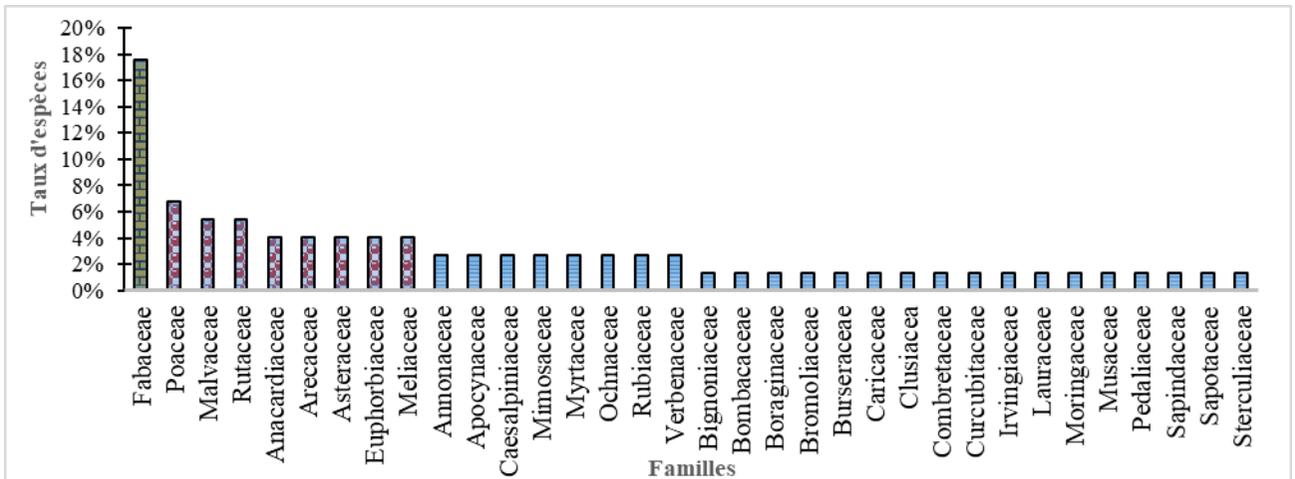
### Résultats

#### Richesse floristique

Les travaux de terrain ont permis de recenser au total 74 espèces végétales (Annexe) réparties en 71 genres et 34 familles. Ces familles peuvent être regroupées, en deux (02) groupes (Fig. 3) notamment :

- ❖ le groupe de familles les plus représentées en espèce (17,57%) constitué uniquement que des Fabaceae ; et
- ❖ le groupe de familles les moins représentées composé des Poaceae (6,76 %) ; Malvaceae et Rutaceae (5,41% chacune), Anacardiaceae, Arecaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae et Meliaceae (4,05 % chacune), et des 25 familles restantes avec un pourcentage variant entre 1,45 à 2,90%.

**Figure 3:** Répartition des familles en fonction du taux d'espèce

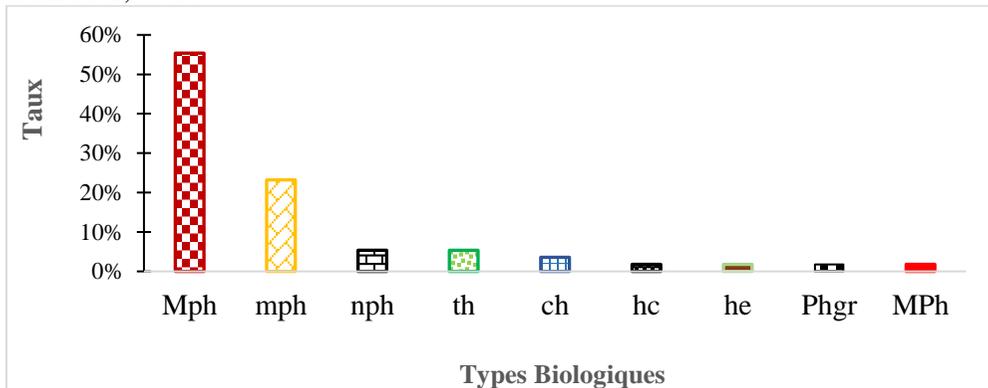


Les espèces à haute valeur apicole par ordre décroissantes sont : *Erythrophleum guineensis* D., *Daniella oliveri* (Rolfe) Huth. & Dalz, Don, *Vitex doniana* Sweet, *Pterocarpus erinaceus*, *Ceiba pentadra* (L) Gaertn., *Vitelaria paradoxa* C. F. Gaetner, *Chromoleana odorata*, *Parkia biglobosa*, *Persea americana*, *Nauclea latifolia* Sm., *Anacardium occidentale* L.

#### Spectres biologiques et chorologie des plantes à intérêt apicole autour des ruchers de la zone d'étude

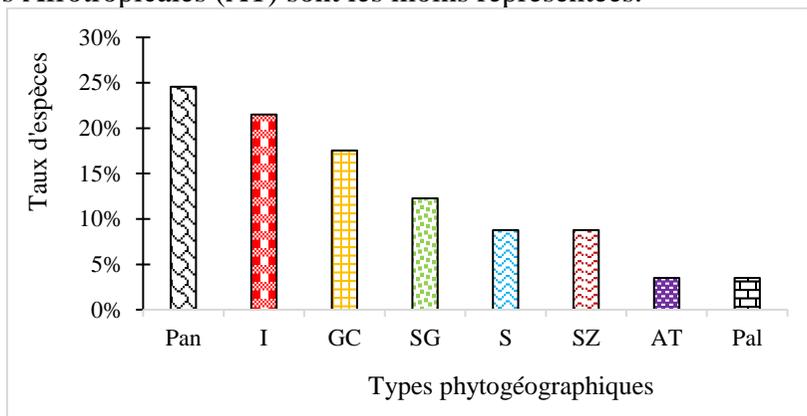
Les différentes espèces recensées lors de cette étude sont réparties suivant différents types biologiques (Fig. 4). Les mésophanérophytes (55,36%) suivis des macrophanérophytes (23,21%) dominent les formations végétales autour des ruchers de la zone d'étude. Ensuite suivent les nanophanérophytes (5,36%), thérophytes (5,36%), chaméphytes (3,57%). Les

phanérophytes ligneux grimpants, hémicryptophytes, mégaphanérophytes et hémicryptophytes rhizomateux sont les moins représentées avec chacun un taux de 1,79%.



**Figure 4:** Spectres biologiques des plantes d'intérêt apicole de la zone d'étude

Pour la chorologie (Fig. 5), les espèces Pantropicales sont les plus dominantes, suivies des espèces Introduites et des espèces Guinéo-congolaise dans les formations végétales entourant les ruchers de la zone d'étude. Les espèces Soudano-Guinéenne (SG : 12,27%), Soudanienne (S : 8,77%), Soudano- Zambézienne (SZ : 8,77), les espèces Paléo-tropicales (Pal) et les espèces Afrotropicales (AT) sont les moins représentées.



**Figure 5:** Spectres phytogéographiques des plantes d'intérêt apicole autour des ruchers

### Caractérisation des plantes à intérêt apicole

Les différentes espèces recensées sur le terrain sont réparties en fonction des éléments butinés (Fig. 6). 60 % des espèces à intérêt apicole retrouvées, sont butinées pour leurs Nectar (Plantes nectarifères), 18,67% sont butinées pour leurs Pollens (Plantes Pollinifères) et 21,33% sont butinées à la fois pour le Nectar et Pollen (plantes Nectaro-pollinifère). Ces proportions de

butin recherché prouvent qu'il y a plus de plantes nectarifères dans la zone, par conséquent, c'est une zone à potentialité mellifère élevée.

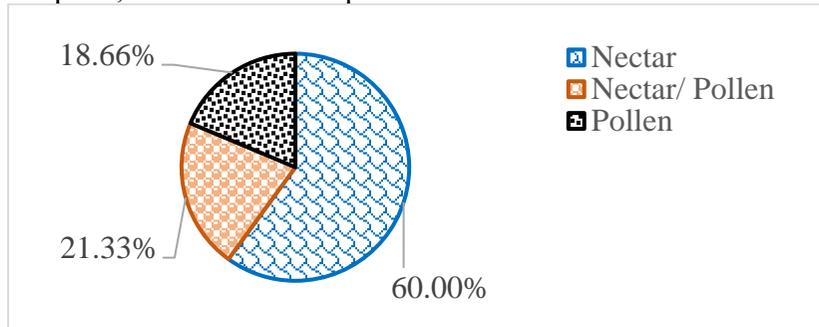


Figure 6: Répartition des plantes à intérêt apicole en fonction des éléments butinés

### Répartition des plantes en fonction des périodes de floraison

Trois catégories de plantes ont été identifiées en fonction de leur période de floraison (Fig. 7).

- ❖ La 1<sup>ère</sup> catégorie constituée de la grande majorité (57.33%) des plantes à intérêt apicole fleurissant en saison sèche ;
- ❖ La 2<sup>ème</sup> catégorie représentée par 18,66% fleurit en saison pluvieuse ;
- ❖ La 3<sup>ème</sup> catégorie représentant 24% fleurit pratiquement toute l'année

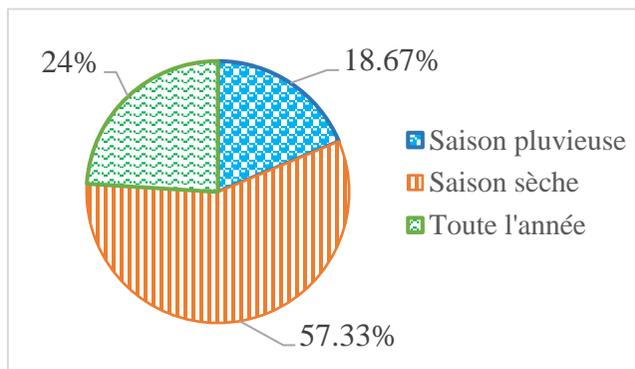


Figure 7: Répartition des plantes en fonction des périodes de floraison

### Analyse pollinique des miels échantillonnés

Les analyses polliniques des échantillons de miel récoltés ont permis de dénombrer au total 54 taxons regroupés en 52 genres répartis à 27 familles. Les familles les plus représentées en taxons sont les Fabaceae (18,52%) et les Asteraceae (12,96%). Les 25 familles restantes (40,72%) sont moins représentées (Fig. 8).

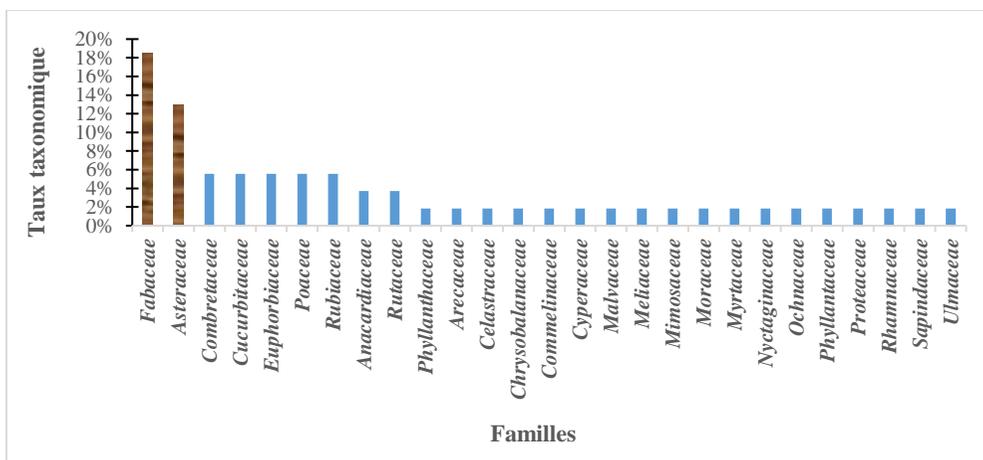


Figure 8: Répartition des familles en fonction des taxa polliniques

Sur le total de ces taxa polliniques recensés,

- ✓ 40 taxons sont identifiés jusqu'au niveau espèce, soit un taux 74,07% ;
- ✓ 12 taxons sont identifiés au niveau genre, soit un taux de 22,23% ;
- ✓ 02 taxons sont identifiés au niveau famille, soit un taux de 3,70%.

### Corrélation entre les données floristiques de terrain et les résultats de l'analyse polliniques

Sur le total de 30 espèces à intérêt apicole identifiées sur le terrain comme pollinifère, 09 sont confirmés par l'analyse pollinique (leurs pollens sont identifiés dans les miels). Il s'agit notamment de *Alchornea coldifolia* (Shum. & Thonn), *Blighia sapida* C. König, *Ceiba pentadra* (L) Gaertn., *Elaeis guineensis* Jacq., *Lophira lanceolata* banks, *Mangifera indica* L., *Nauclea latifolia* Sm., *Spondias mombin* L., *Zanthoxylum Zanthoxyloides* (Lam). Sur ces 09 espèces, *Alchornea coldifolia* (Shum. & Thonn) et *Spondias mombin* L. sont identifiés sur le terrain comme des espèces nectarifères (espèces butinées pour le nectar) mais leur pollen se retrouve dans le miel.

### Discussion

La présente étude a permis de montrer que sur les 117 espèces d'intérêt apicole total identifiées autour des ruchers de la zone d'étude, les Fabaceae sont les plus dominantes suivies des Asteraceae. Cette dominance s'explique par le fait que ce sont des familles qui regorgent plus de nourritures (pollens, nectar) disponibles pour les abeilles (Monique *et al.*, 2011; Koudegnan *et al.*, 2012). Cette richesse spécifique obtenue reste supérieure à celles obtenues lors des travaux d'analyses polliniques effectués par Laallam *et al.* (2011) sur des

miels du Sud-ouest de l'Algérie (66 espèces) et par Nguemo et *al.* (2004) sur les miels de la zone soudano-guinéenne à l'Ouest du Cameroun (78 espèces). Elle est aussi supérieure aux richesses obtenues lors des travaux d'observation directe sur le terrain de Nombé (2003) dans les zones de Garango au Nord soudanien et de Nazinga au Sud-soudanien du Burkina-Faso (qui sont respectivement de 96 et 97 espèces). Par contre, cette richesse spécifique reste largement inférieure aux 225 espèces identifiées par les travaux de Koudegnan (2015) réalisés en zone guinéenne du Togo au cours desquels 44 échantillons de miels sont analysés.

Ces différences significatives constatées peuvent être liées, soit à la méthode utilisée dans chaque étude, soit au nombre d'échantillons de miels analysés, ou bien à la diversité floristique des types de formation ayant servi de lieu de butinage des abeilles, d'autre part (Agwu *et al.*, 1989). Cette différence pourrait également dépendre de la période de miellé, de la superficie de la zone d'étude, ainsi qu'à la différence des conditions écologiques.

Sur le plan représentatif, *Elaeis guineensis* et *Securinega virosa* restent les seules espèces dont les pollens ont été retrouvés dans tous les échantillons de miels récoltés et analysés. Ce qui s'explique par le fait que ces espèces constituent une source permanente de pollen mais pas assez fréquemment butiné par les abeilles car les pollens sont en quantité faible dans les miels. En outre, ces deux espèces sont représentées dans toute la zone d'étude et offrent des ressources alimentaires satisfaisantes aux abeilles. Ce résultat est conforme aux travaux de Aloma (2000) menés à Bayiboè en zone de transition soudano-guinéenne du Togo.

Au vu des résultats présentés dans les spectres biologiques établis, il apparaît clairement une très forte dominance des mésophanérophytes (55,36%), suivi des microphanérophytes (23,21%). Par contre, on note une faible représentativité des mégaphanérophytes (1,79%). Cette forte proportion des phanérophytes s'expliquerait par la présence de la pression anthropique actuelle dans cette zone d'étude. Ces résultats corroborent celles de Zanou et *al.* (2020) effectués dans la zone ouest soudanienne du département de l'Atacora (Bénin) mais différent de ceux trouvés par Houinato et Sinsin (2001) dans la région des Monts Kouffé au Bénin et Miabangana et Ayingweu (2015) dans l'île Iouézou (République du Congo) où l'on note plutôt une prédominance des phanérophytes (36%) et des thérophytes (34%). Dans les forêts claires de la Côte d'Ivoire, Adjanohoun et Ake Assi (1967) ont observé une nette prépondérance des thérophytes (49%) par rapport aux phanérophytes (29%).

Le spectre phytogéographique met en évidence une forte représentation des espèces du groupe chorologique Pantropicale (24,56%), des espèces Introduites (21,50%) et des espèces Guinéo-Congolaises (17, 54%)

par rapport aux espèces soudaniennes (S et SZ), les espèces Afrotropicales et Paléo-tropicales. Or, Vanden Berghen (1998) a observé en Casamance au Sénégal une représentation équilibrée des soudaniens et Guinéens, ce qui justifie le classement de la partie ouest de la basse Casamance dans un territoire de transition. L'apparition des espèces introduites à une proportion considérable justifie donc la pression anthropique et de l'introduction de beaucoup d'éléments (semences, les fertilisants etc.) dans la zone d'étude (Bassène, 2014).

La faible corrélation entre les espèces identifiées sur le terrain et celles identifiées par l'analyse pollinique (30 sur le terrain dont 09 confirmées par analyse pollinique) peut s'expliquer d'une part par le fait que la majorité des espèces identifiées sur le terrain soient des plantes nectarifères et d'autre part le fait que la période des observations directes de terrain n'a pas coïncider avec les récoltes des miels échantillons. *Alchornea cordifolia* (Shum. & Thonn) et *Spondias mombin* L. sont identifiés sur le terrain comme des espèces nectarifères (espèces butinées pour le nectar) mais leur pollen se retrouve dans le miel. Cela pourrait s'expliquer par le fait que l'abeille n'a pas prélevé simultanément les deux éléments au cours de l'observation. Identifier par l'analyse pollinique, ces deux espèces sont donc des plantes nectaropollinifères.

L'étude démontre la dominance des plantes nectarifères (60% du total) suivi des plantes nectaropollinifères (21,33% du total). Ce résultat est conforme aux résultats de Hamel et Boulemtafes (2017) effectués à la péninsule d'Edough (Nord-Est algérien) où ont été identifiées les plantes nectarifères comme plus dominant autour des ruchers. En effet, le miel est principalement fabriqué à base du nectar. Grâce à des enzymes présentes dans leur salive, les abeilles transforment les sucres présents dans le nectar et modifient leurs concentrations pour les transformer en miel. Constitué de 7 à 35 % de protéines, le pollen constitue cependant la principale source de protéines, d'acides aminés, de minéraux, de graisses, d'amidon, de stérols et de vitamines pour les abeilles (Pernal et Currie, 2000) intervenant dans le développement des glandes hypopharyngiennes des jeunes abeilles et jouant un rôle énergétique.

## Conclusion

Les résultats de cette étude, montrent qu'il existe une diversité de plante à intérêt apicole dans la région des plateaux. Le nectar est l'élément le plus recherché par les abeilles en saison sèche et presque toute l'année pour la fabrication du miel. Trois catégories de plantes ont été distinguées : les plantes butinées pour le pollen, les plantes butinées pour le nectar et les plantes butinées simultanément pour le pollen et le nectar. Les résultats obtenus seront d'un intérêt capital pour la filière apicole et la suite des recherches. Il importe

alors d'étendre cette étude sur les autres régions restantes dans le but de disposer d'une banque de données exhaustives et représentatives.

**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. Adjanooun E. et Ake Assi L., (1967). Inventaire floristique des forêts claires sudsoudanaises et soudanaises en Côte d'Ivoire septentrionale. *AgroParisTech*; 89 - 147. Université d'Abidjan.  
[https://infodoc.agroparistech.fr/index.php?lvl=notice\\_display&id=133711](https://infodoc.agroparistech.fr/index.php?lvl=notice_display&id=133711)
2. Achou, M., Loucif-Ayad, W., Achou, M., Legout, H., Alburaki, M., & Garnery, L., (2015). Genetic assessment of Algerian honeybee populations by microsatellite markers. *Apidologie*, 46(3), 392-402.
3. Agwu C. O. C., Obuekwe A. I. & Iwu hl. (1989). Pollen analytical and thin layer chromatographic examination of Nsukka (Nigeria) honey. - *Pollen Spores* 33: 29-43.
4. Aloma, S., (2000). Etude des facteurs de production de miel dans deux zones écologiques différentes au sud du Togo: les sites d'Aképé et d'Agotimé-Nyitoé. *Mém DEA Univ Lomé Togo*.
5. Bassene, C., Mbaye, M. S., Camara, A. A., Kane, A., Gueye, M., Sylla, S. N., & Noba, K. (2014). La flore des systèmes agropastoraux de la Basse Casamance (Sénégal): cas de la communauté rurale de Mlomp. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(5), 2258-2273.
6. Bista, S., Shivakoti, G.P., (2001). Honeybee Flora at Kabre, Dolakha District. *Nepal Agric. Res. J.* 18–25.
7. Boutabia, L., Telailia, S., & Chefrou, A. (2016). Spectre pollinique de miels d'abeille (*Apis mellifera* L.) de la région d'El Tarf (Nord-Est algérien). *Livestock Research for Rural Development*, 28(8).
8. Carroll, T., Kinsella, J., (2013). Livelihood improvement and smallholder beekeeping in Kenya: the unrealised potential. *Dev. Pract.* 23, 332–345.

9. Daget, P., (1980). Sur les types biologiques botaniques en tant que stratégie adaptative (cas des thérophytes). *Rech. Ecol. Théorique Strat. Adapt.* 89–114.
10. Eilers, E. J., Kremen, C., Smith Greenleaf, S., Garber, A. K., & Klein, A. M., (2011). Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. *PLoS one*, 6(6), e21363.
11. Erdtman, G., (1960). The acetolysis method-a revised description. *Sven Bot Tidskr* 54, 516–564.
12. Ern, H., (1979). Die Vegetation Togos. Gliederung, Gefährdung, Erhaltung. *Willdenowia* 295–312.
13. Guinko, S., Guenda, W., Tamini, Z., & Zoungrana, I. (1992). Les plantes mellifères de la région ouest du Burkina Faso. *Etudes flor. veg. Burkina Faso, I*, 27-46.
14. Hamel, T., Bellili, A.M., Meddad-Hamza, A., Boulemtafes, A., (2019). Nouvelle contribution à l'étude de la flore mellifère et caractérisation pollinique de miels de la Numidie (Nord-Est Algérien).
15. Hamel, T., Boulemtafes, A., (2017). Plantes butinées par les abeilles à la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). *Livest. Res. Rural Dev.* 29, 1–13.
16. Houinato, M., Sinsin, B., (2001). Analyse phytogéographique de la région des Monts Kouffe au Bénin. *Syst. Geogr. Plants* 71, 889. <https://doi.org/10.2307/3668726>
17. Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques et Démographiques (INSEED), (2022). Actualisation et Mise à disposition des données démographiques des régions Maritime et des Plateaux. 5ème Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH-5) des Plateaux et Maritime du Togo.
18. Iritie, Bruno Marcel, Wandan, E.N., Paraiso, A.A., Fantodji, A., Gbomene, L.L., (2014). Identification des plantes mellifères de la zone agroforestière de l'école supérieure agronomique de Yamoussoukro (Cote d'ivoire). *Eur. Sci. J.* 10.
19. Janssens, X., Bruneau, É., & Lebrun, P. (2006). Prédiction des potentialités de production de miel à l'échelle d'un rucher au moyen d'un système d'information géographique. *Apidologie*, 37(3), 351-365.
20. Kassa, K. A. D., Nenonene, A. Y., Tchainiley, L., & Koba, K. (2018). Pratiques de la production et d'exploitation des fourrages dans la Région des Plateaux au Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(3), 1415-1422.
21. Koudegnan, C.M., (2015). Contribution de la palynologie à la caractérisation des miels et à la connaissance de la flore mellifère de la zone guinéenne du Togo. Thèse Doctorat Univ Lomé Togo.

22. Koudegnan, C.M., Edoth, T.M., Guelly, A.K., Batawill, K., Akpagana, K., (2012). Inventaire des taxons polliniques des miels de la zone guinéenne du Togo: Cas des zones ecofloristiques IV et V. *Eur. Sci. J.* 8.
23. Laallam, H., Boughediri, L., Bissati, S., (2011). Inventaire des Plantes Mellifères du Sud-Ouest Algérien. *Synthèse Rev. Sci. Technol.* 23, 81–89.
24. Lehoux, H., Chakib, A., 2012. Non wood forest products. Ethiop. For. Departement FAO Corp. Doc. Repos.
25. Lobreau-Callen, D., Darchen, R., Le Thomas, A., 1986. Apport de la palynologie à la connaissance des relations abeilles/plantes en savanes arborées du Togo et du Bénin. *Apidologie* 17, 279–306.
26. Miabangana Edmond Sylvestre, Lubini Ayingweu Constantin & Malaisse François., 2015. Analyse floristique et phytogéographique de la forêt de la Djoumoua (République du Congo). *Geo-Eco-Trop*, 2016, 40-2, n.s.: 175-190.
27. Monique, T.G., Hounnankpon, Y., Cossi, A.A., Akpovi, D.B.B.A., Dossahoua, T., 2011. Caractérisation pollinique des miels d'un élevage apicole dans l'arrondissement de manigri en zone soudano-guinéenne au Bénin.
28. Nguemo, D.D., Foko, J., Pinta, J.Y., Ngouo, L.V., Tchoumboue, J., Zango, P., 2004. Inventaire et identification des plantes mellifères de la zone soudanoguinéenne d'altitude de l'Ouest Cameroun. *Tropicultura* 22, 139–45.
29. Nombé, I., 2003. Etudes des potentialités mellifères de deux zones du Burkina Faso: Garango (province du Bouglou) et Nazinga (province du Nahouri). Th Doc Univ Ouagadougou Burkina Faso.
30. Raunkiaer, C., 1934. The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer. Life Forms Plants Stat. Plant Geogr. Collect. Pap. C Raunkiaer.
31. Sawadogo, M., Guinko, S., 2001. Détermination des périodes de disponibilité et de pénurie alimentaires pour l'abeille *Apis mellifica adansonii* Lat. dans la région ouest du Burkina Faso. *J. Sci.* 1, 1–8.
32. Siendou, C., Djakalia, O., Thèrese, T.E., Mawussi, K.C.M., Kagoyire, K., 2013. Diversité et configuration de la flore ligneuse autour d'un rucher en zone de transition forêt-savane de la Côte d'Ivoire. *Eur. Sci. J.* 9, 1857–7881.
33. Vanden Berghen, C. (1998). *La Forêt Pâturée Des Environs D'Abéné (Basse Casamance Occidentale, Sénégal)*. Éd. de Lejeunia, Dép. de Botanique.
34. Yédomonhan, H., Adomou, A. C., Akoègninou, A., & Foucault, B. D. (2012). Diversité spatiotemporelle des ressources florales autour d'un

- rucher en zone de végétation de transition soudano-guinéenne au Bénin. *Acta botanica gallica*, 159(1), 97-108.
35. White F. (1983) The vegetation of Africa. A descriptive memoir to accompany the Unesco/Aetfat/Unso vegetation map of Africa. UNESCO, Natural Resources Research, 20: 356 p.
36. Zanou. A R S., Tossa-Dognon. A. D, Tossou M.G., Batawila .K, Akouegninou. A, Akpagana .K., 2020. Étude de la pluie pollinique de la forêt classée de la Lama en zone guinéenne au Bénin. 63 J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), 2020, 22(1&2): 63- 76.

## **Qualité des données hydrométriques prédites par une approche machine learning dans l'évaluation de la ressource en eau au nord de la Côte d'Ivoire**

***Kamenan Satti Jean-Robert***

Doctorant, EDP-Science et Techniques de l'Ingénieur, Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny  
Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

***Adja Miessan Germain***

Enseignant-Chercheur, Hydrogéologie, Sciences de la Vie et de la Terre (SVT), École Normale Supérieure (ENS), Abidjan, Côte d'Ivoire

***Youan Ta Marc***

Enseignant-Chercheur, Hydrogéologie, Télédétection, Base de Données et WEBSIG, Centre Universitaire de Recherche Appliquée en Télédétection (CURAT), Université Félix Houphouët-Boigny,  
Abidjan, Côte d'Ivoire

***Kouassi Amani Michel***

Enseignant-Chercheur, Hydrogéologie, Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STeRMi), Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Ingénieur, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

***Njeugeut Mbiafeu Amandine Carine***

Chercheur, Centre Universitaire de Recherche Appliquée en Télédétection (CURAT), Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p155](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p155)

Submitted: 19 October 2024  
Accepted: 12 December 2024  
Published: 31 December 2024

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

*Cite As:*

Jean-Robert K.S., Germain A.M., Youan Ta M., Kouassi A.M. & Njeugeut Mbiafeu A.C. (2024). *Qualité des données hydrométriques prédites par une approche machine learning dans l'évaluation de la ressource en eau au nord de la Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 155. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p155>

### **Résumé**

L'écoulement des rivières revêt un intérêt particulier dans la gestion rationnelle des ressources en eau. Son estimation permet d'évaluer quantitativement la disponibilité des ressources en eau, ainsi que de prévenir

des catastrophes naturelles telles que les inondations et les sécheresses. Ces estimations, généralement effectuées à l'aide de méthodes statistiques d'apprentissage automatique, sont parfois biaisées, entraînant des écarts par rapport aux observations *in situ*. Ainsi, cette étude a pour objectif d'évaluer la qualité des données de débit de la rivière Bagoé prédites par des réseaux neuronaux, afin d'aider les décideurs dans leurs projets de développement durable. Pour ce faire, deux modèles basés sur des réseaux neuronaux ont été développés pour prévoir les variations des débits mensuels de la rivière Bagoé aux instants  $t$  et  $t+3$  respectivement. Les modèles sont validés en utilisant le critère de Nash (%), le coefficient de corrélation de Pearson (R), le rapport du débit maximal et le critère de robustesse. Les résultats obtenus indiquent que les modèles neuronaux développés expliquent plus de 82 % des débits mensuels de la rivière Bagoé. Ces derniers varient respectivement de 0,002 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> à 300,12 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, avec une moyenne de 31,10 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> en calibration, et de 0,002 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> à 243,32 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, avec une moyenne de 31,29 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> en validation. Cependant, des décalages dans des débits extrêmes ont été observés à la fois en calibration et en validation.

---

**Mots-clés:** Données de débit, Prévision, Machine Learning, Fleuve Bagoé, Côte d'Ivoire

---

## **Quality of hydrometric data predicted by a machine learning approach in water resource assessment in northern Cote d'Ivoire**

***Kamenan Satti Jean-Robert***

Doctorant, EDP-Science et Techniques de l'Ingenieur, Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny  
Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

***Adja Miessan Germain***

Enseignant-Chercheur, Hydrogéologie, Sciences de la Vie et de la Terre (SVT), École Normale Supérieure (ENS), Abidjan, Côte d'Ivoire

***Youan Ta Marc***

Enseignant-Chercheur, Hydrogéologie, Télédétection, Base de Données et WEBSIG, Centre Universitaire de Recherche Appliquée en Télédétection (CURAT), Université Félix Houphouët-Boigny,  
Abidjan, Côte d'Ivoire

***Kouassi Amani Michel***

Enseignant-Chercheur, Hydrogéologie, Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STeRMi), Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Ingénieur, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

***Njeugeut Mbiafeu Amandine Carine***

Chercheur, Centre Universitaire de Recherche Appliquée en Télédétection (CURAT), Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

River flow is of particular interest in the rational management of water resources. Their estimation enables quantitative assessment of water resource availability, as well as anticipation of natural disasters such as floods and droughts. These estimates, generally made using statistical methods or machine learning, are sometimes biased, resulting in variations that differ from those observed in situ. This study aims to evaluate the quality of flow data predicted by neural networks for the Bagoé River to support sustainable development planning. To achieve this, two neural network-based models were developed to forecast variations in monthly flows in the Bagoé River at time  $t$  and time  $t+3$  respectively. The models are validated using the Nash criterion (%), Pearson's correlation coefficient ( $R$ ), the maximum flow ratio and the robustness criterion. The results obtained indicate that the neural models developed expressed more than 82% of the monthly flows of the Bagoé River. These ranged respectively from  $0.002 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  to  $300.12 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , with

an average of  $31.10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  in calibration, and  $0.002 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  to  $243.32 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , with an average of  $31.29 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  in validation. However, some shifts in extreme flows were observed in both calibration and validation.

---

**Keywords:** Flow data, forecasting, Machine Learning, Bagoé River, Ivory Coast

## 1. Introduction

Les eaux de surface ont toujours occupé une place primordiale dans l'organisation et le fonctionnement des sociétés humaines. En Afrique particulièrement, elles sont capitales dans l'approvisionnement en eau pour la consommation et essentielles dans le développement des activités industrielles, agricoles et pastorales (Camara & Bangoura, 2017; Kohnert, 2023). Depuis ces dernières années, ces ressources en eau sont fréquemment menacées par les effets du changement climatique, ressentis essentiellement en une baisse de la pluviométrie et une chute des débits des cours d'eau pouvant entraîner parfois des risques d'évènements d'extrême hydrologique (sécheresse) (Ardoin-Bardin et al., 2005; Sané & Faye, 2015; Beguería et al., 2023; EL Yadari & Idrissi, 2023). Anticiper l'occurrence de ces catastrophes, demeure l'un des défis à l'échelle tant nationale (Adja et al., 2019 ; Kouao et al., 2022) qu'internationale (Cardinal et al., 2023). Bien évidemment, cela nécessite la connaissance des débits des cours d'eau qui est l'un des paramètres clés permettant d'évaluer quantitativement la ressource en eau (Souanef, 2015). De façon traditionnelle, les débits des cours d'eau sont déterminés par des instruments de mesure au sol, par des enquêtes et par des méthodes de calcul. Aujourd'hui avec la dégradation des stations de mesure en vue de collecter les données *in situ*, des méthodes de calcul sont couramment utilisées pour estimer ou combler les données manquantes de débits. Dans la région de la Bagoé au Nord de la Côte d'Ivoire où l'utilisation de l'eau est d'une nécessité permanente et abondante compte tenu des différentes activités anthropiques qui demandent une quantité énorme en eau à savoir l'agriculture, l'élevage, la construction des barrages agro pastoraux, les cours d'eau sont sujets à des effets du changement climatique comme révélés par les travaux de Adja (2009) et de Adja et al. (2019). Quoi qu'il existe des stations de mesure des débits sur cet espace, leur dégradation au fil du temps par manque d'entretien et aussi le coût très élevé des équipements de pointe en vue de collecter les données *in situ* constitue un handicap dans la bonne conduite d'une étude hydrologique. Dès lors, l'usage des méthodes de calcul pour estimer ou pour combler des données manquantes de débits s'avère être une alternative. Aujourd'hui avec le progrès technique et la puissance de calcul des ordinateurs de dernière génération, les algorithmes du Machine Learning sont couramment utilisés en économie, en urbanisme et

particulièrement en environnement et en hydrologie avec des résultats très satisfaisants (Jofack, 2016 ; Assoko, 2022 ; Njeugeut et *al.*, 2023). En effet, ces outils s'avèrent être performants motivés par leur propriété d'efficacité et de flexibilité. Mais la qualité des valeurs exprimées par ces derniers, reste toutefois problématique pouvant même entacher toute étude hydrologique. Ainsi, disposer une chronique de valeurs estimées de qualité acceptable, respectant les variations de celles observées sur le terrain reste l'un des défis majeurs. C'est dans cette optique, que la présente étude ambitionne évaluer la qualité des débits du fleuve Bagoé estimés par les modèles de prévision issus du Machine Learning pour aider les acteurs locaux dans la planification et la priorisation des projets d'aménagement dans la région de la Bagoé.

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

La zone d'étude est constituée par une portion du bassin versant de la Bagoé, recoupant les départements de Boundiali et Kouto, situés au Nord de la Côte d'Ivoire (Figure 1). Elle fait partie de la plaine alluviale du fleuve Bagoé (un affluent du fleuve Niger). Le fleuve Bagoé s'y écoule dans une direction sud-nord pour se jeter dans le fleuve Bani (Assouman et *al.*, 2016) au Mali. Le climat est de type soudano-sahélien à guinéen marqué par deux saisons : une courte saison des pluies de mai à octobre et une longue saison sèche de novembre à avril (Girard, 1961 ; Assouman et *al.*, 2016). Les pluies d'avril à juin sont très faibles et espacées. Le maximum de pluie est enregistré aux mois d'août et septembre (Adja, 2009). Dans cette zone, le pic pluviométrique se signale particulièrement en août (Assouman et *al.*, 2016). La moyenne annuelle précipitée avoisine les 1400 mm. La zone d'étude connaît de fortes insolation avec une température ambiante moyenne de 26,5°C. Le relief est accidenté dans la partie ouest du bassin où s'observent de nombreux pointements rocheux ; lesquels dépassent parfois les 600 mètres. Il est nettement plus atténué et aplani dans l'Est et le Nord du bassin. La végétation est constituée de savane arborée, arbustive ou herbeuse. Elle est partiellement défrichée dans les régions les moins accidentées et les plus peuplées pour laisser place à diverses cultures, en occurrence la culture du riz pratiquée dans les bas-fonds. Les peuples de la zone d'étude sont majoritairement Sénoufo. S'y ajoutent les peuls venus des pays voisins. Ils tirent leurs revenus principalement des activités agricoles et pastorales ; lesquelles sont fortement tributaires des ressources en eau.

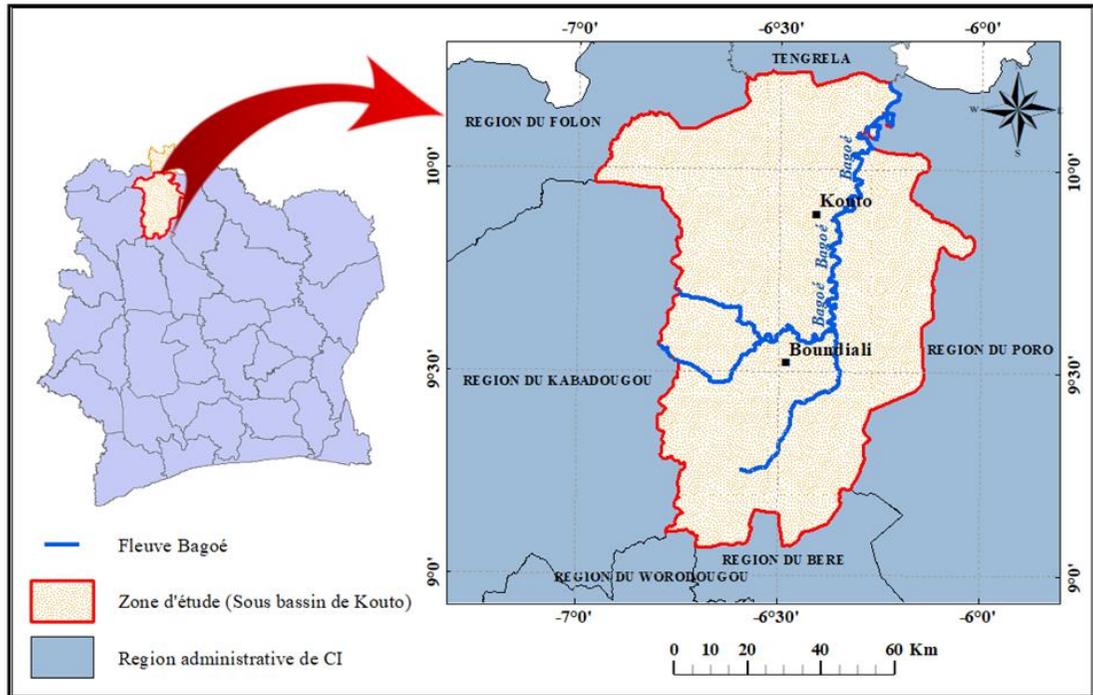


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

### 3. Matériel et méthodes

#### 3.1. Matériel

Les données utilisées dans cette étude sont constituées essentiellement des données mensuelles de pluie, de température et de débit provenant respectivement de la station pluviométrique de Boundiali, de la station synoptique de Korhogo et de la station hydrométrique de Kouto. Ces données sont longues de 56 années (1961-2016) pour les données de pluie, de 56 années (1961-2016) pour les données de température et de 35 années (1961-1995) pour celles des débits. Elles ont été reconstituées à partir des bases de données pluviométriques de sociétés et services à savoir : la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire et Météorologique (SODEXAM), la Sous-Direction des Services de l'Hydrologie, la Direction Régionale du Ministère de l'Agriculture desdites villes, les services de Société Ivoire Coton (Ex CIDT) et de la « Climatic Research Unit (CRU) » de l'Université d'East Anglia à Norwich (Angleterre) (Mahé et *al.*, 2005; New et *al.*, 1998). Les données de températures ont permis d'évaluer l'évapotranspiration potentielle qui elle-même est déterminée par la méthode de Thornthwaite.

### 3.2. Méthodes

Cette étude a adopté une méthodologie déclinée en trois points que sont la mise en place des modèles neuronaux, la prévision des débits du fleuve Bagoé et l'évaluation de la qualité des débits estimés.

#### 3.2.1. Mise en place des modèles à base de réseaux de neurones

- **Présentation des réseaux de neurones artificiels (RNA)**

Un réseau de neurones artificiels se définit comme un arrangement de neurones artificiels qui apprend à modéliser l'hydro système à travers des exemples bien sélectionnés au cours d'un certain nombre d'itérations finis. Selon leur architecture, plusieurs types de modèles neuronaux existent parmi lesquels le perceptron multicouche (PMC) qui est couramment utilisé pour la simulation et la prévision des débits mensuels (Koffi, 2007).

- **Construction et optimisation des modèles de réseaux de neurones**

L'approche adoptée dans cette phase a nécessité six (06) points importants dont la construction d'un jeu de données de qualité, la sélection du vecteur d'entrée pertinent, la détermination d'une architecture du réseau adapté, le type d'apprentissage, la règle d'optimisation ainsi que les critères de validation des modèles. Le jeu de données composés des données de pluie, d'évapotranspiration et de débit du cours d'eau de la période 1961-1995, a été exprimé dans la même échelle de variation comprise entre -1 et 1 à travers la formule de l'équation 1 (Li & Liu, 2011) afin d'éviter la saturation et la mauvaise performance des modèles. L'ensemble de données obtenu est subdivisé en trois lots dont le premier lot (1961-1985) représentant 70% des données, a servi à la période d'apprentissage du modèle devant permettre au réseau d'apprendre ; le deuxième lot (1986-1990) qui concerne 15% des données, est utilisé pendant la période de test et enfin le troisième lot (1991-1995) qui concerne les 15% des données restantes, a été utilisé hors apprentissage et a servi à la validation des modèles conçus. Concernant le vecteur d'entrée pertinent des modèles, il a été sélectionné suivant l'approche combinée de la corrélation croisée (Bowden et al., 2005) et de l'essai-erreur qui sont des expériences recommandées par Jofack(2016). En effet, la corrélation croisée dont sa formulation mathématique (Stollsteiner et al., 2012) est donnée par l'équation (2), a permis de déterminer le décalage mensuel et l'essai-erreur a permis de tester et d'évaluer les différentes combinaisons du vecteur d'entrée. Quant à l'architecture neuronale, le modèle perceptron multicouche à une couche de sortie permettant de prédire le débit mensuel est retenu comme modèle neuronal de cette étude. Quant au nombre de neurones dans chaque couche du réseau et le choix des fonctions d'activation associés aux neurones, ils sont déterminés par l'approche expérimentale essai-erreur. Concernant l'optimisation, les modèles neuronaux conçus ont été utilisés en mode supervisé avec la règle d'optimisation Broyden-

Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS) (Liu, 2024). La validation des performances des modèles est assurée par quatre (04) mesures de qualité dont le critère de Nash, le coefficient de Pearson, le rapport des débits maximaux et le critère de robustesse (Dechemi et al., 2003 ; Tarik & Dechemi, 2004 ; Koffi et al., 2014). La description et la formulation mathématiques de tous ces critères sont consignées dans le Tableau 1.

$$\hat{X} = \frac{(Y_{max}-Y_{min}) \times (X-X_{min})}{(X_{max}-X_{min})} + Y_{min} \quad (1)$$

Avec  $X$  = élément du vecteur (entrée ou sortie) à normaliser,  $\hat{X}$  = valeur normalisée de  $X$  ;  $X_{max}$  = valeur du plus grand élément du vecteur à normaliser ;  $X_{min}$  = valeur du plus petit élément du vecteur à normaliser ;  $Y_{max}$  = valeur maximale, dans le cas général elle vaut 1 ;  $Y_{min}$  = C'est la valeur minimale, dans le cas général elle vaut -1.

$$R_{xy}(t_0) = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_{i-t_0} - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_{i-t_0} - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

Où  $t_0$  = décalage ou retard mensuel (0 mois comme début, 1, ..., 12 mois) ;  $N$  = nombre d'observation ;  $\bar{x}$  = la moyenne de la variable d'entrée (Pluie, température, ETP et débit).  $\bar{y}$  = la moyenne de la variable de sortie (débit) ;

**Tableau 1 :** Description des différents critères de performances

Critères	Formules mathématiques	Critères
Nash	$\text{Nash}(\%) = (100) \times \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Qob_i - Qcal_i)^2}{\sum_{i=1}^N (Qob_i - \bar{Q})^2} \right]$ <p>(3)</p>	Le modèle est d'autant meilleur que cette valeur est proche de 100 %. Un Nash inférieur à 60 % est l'indication d'un modèle défaillant
Person	$r = \frac{\sum_{i=1}^N qob_i qcal_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^N qob_i^2 \sum_{i=1}^N qcal_i^2}}$ <p>(Brou et al., 2017)</p> <p>(4)</p>	$R \geq 0,80$ alors très forte corrélation entre variables ; $0,5 \leq R < 0,80$ alors forte Corrélation entre variables. $R < 0,5$ alors faible corrélation entre variables
Rapport des débits Maximaux	$I_{max} = \frac{Q_{cal_{max}}}{Q_{obs_{max}}}$ <p>(Tarik et Dechemi, 2004)</p> <p>(5)</p>	Plus cet indice tend vers 1 plus la reproduction du débit maximal mensuel observé est très bonne
Robustesse	Valeur absolue de la différence de la valeur du critère de Nash-Sutcliffe en calage et en validation (Koffi et al., 2014)	Le modèle est dit robuste si la valeur de critère est inférieure ou égal à 10%

Avec  $Qob_i$  et  $Qcal_i$  respectivement les débits mesurés (observés) et calculés pour les  $i \in \{1, 2, \dots, N\}$  ;  $\bar{Q}$  est la moyenne des débits mesurés (observés).  $qob_i = Qob_i - \bar{Qob}$  et  $qcal_i = Qcal_i - \bar{Qcal}$ .

$Q_{ob_i}$  et  $Q_{cal_i}$  respectivement les débits mesurés (observés) et calculés pour les  $i \in \{1,2, \dots, N\}$ ,  $\overline{Q_{ob}}$  et  $\overline{Q_{cal}}$  sont les moyennes respectives des débits observés et calculés ;  $N$  = nombre d'entrées

### 3.2.2. Estimation des débits par les réseaux de neurones

L'estimation des débits du fleuve Bagoé devant aboutir à la prévision de ce paramètre a consisté en une modélisation des débits mensuels par deux modèles à base des réseaux de neurones notés  $P_I$  et  $P_{II}$  conçus et optimisés. Tous ces modèles ont utilisé une combinaison des données de pluie, d'évapotranspiration (ETP) et de débit. Deux cadres de prévision ont été clairement définis. Il s'agit: La prédiction à « l'instant  $t$  » : Le modèle prédit le débit au moment  $t$  (mois en cours) en considérant que les valeurs pour la pluie et pour l'ETP jusqu'au moment  $t$ , ainsi que pour les débits aux moments précédents jusqu'à  $t-1$ , sont disponibles. Cette prévision est assurée par le modèle  $P_I$  ;

La prédiction à « l'instant  $t+3$  » : Le modèle prédit le débit du 3ème prochain mois en utilisant le vecteur des entrées de la prédiction à « l'instant  $t$  ». Cette prévision est assurée par le modèle  $P_{II}$ .

### 3.2.3. Evaluation de la qualité des débits estimés par les modèles conçus

Cette étape est effectuée à l'aide de l'analyse des résidus calculés à cet effet. Ces derniers se définissant comme l'écart entre les débits observés et les débits calculés par les modèles (Bodian, 2011). Ensuite, une analyse statistique consistant à vérifier deux points de qualité, est effectuée. Selon Lek et *al.* (1995), le premier consiste à vérifier si les résidus calculés sont stationnaires par rapport à la variable estimée en sortie et pour le second si la moyenne des résidus est statistiquement nulle. L'examen du premier point est réalisé par une analyse des représentations graphiques des résidus calculés en fonction des débits estimés par le modèle. Ensuite la vérification du deuxième point est réalisée par une comparaison entre la distribution des résidus et la distribution de la loi normale associée.

## 4. Résultats

### 4.1. Modèles conçus et débits prédits

- Modèles conçus

À l'issue de plusieurs expériences réalisées, les paramètres les plus optimaux des modèles neuronaux développés ont été retenus pour prédire le débit du fleuve Bagoé. Ces derniers sont alors consignés dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Récapitulatif des architectures des modèles retenus**

Modèles	Vecteur d'entrée	Nombre neurones	Architecture	Fonction d'activation
P <sub>I</sub>	$ETP_t; ETP_{t-1}; \dots \dots; ETP_{t-11}$	24	27-24-1	Exponentielle - Logistique
	$P_t; P_{t-1}; P_{t-2}; P_{t-3}, \dots, P_{t-11}$			
	$ETP_t; ETP_{t-1}; \dots \dots; ETP_{t-11}$			
	$Q_{t-1}; Q_{t-2}; Q_{t-3}$			
P <sub>II</sub>	$P_t; P_{t-1}; P_{t-2}; P_{t-3}, \dots, P_{t-11}$	22	27-22-1	Exponentielle - Logistique
	$ETP_t; ETP_{t-1}; \dots \dots; ETP_{t-11}$			
	$Q_{t-1}; Q_{t-2}; Q_{t-3}$			

L'analyse du tableau 2 montre que le modèle P<sub>I</sub> possède vingt-quatre (24) neurones sur sa couche cachée et un (1) neurone sur sa couche de sortie qui estime le débit à l'instant t (mois), soit une architecture 27-24-1. Quant au modèle P<sub>II</sub>, il possède vingt-deux (22) neurones sur sa couche cachée et un (1) neurone sur sa couche de sortie qui prédit le débit du fleuve du 3ème prochain mois, soit une architecture 27-22-1. La fonction exponentielle et logistique sont utilisées comme fonction d'activation respectivement des neurones de la couche cachée et du neurone de la couche de sortie du modèle P<sub>I</sub> et P<sub>II</sub>

- **Débits prédits**

Les performances des modèles développés sont résumées dans le tableau 3.

**Tableau 3 : Critères de performance des modèles de simulation**

Modèle		Calage			Validation			Critère de robustesse (%)
Code	Structure	Nash (%)	r	i <sub>max</sub>	Nash (%)	r	i <sub>max</sub>	
P <sub>I</sub>	27-24-1	<b>94,00</b>	<b>0,97</b>	<b>0,96</b>	<b>94,21</b>	<b>0,97</b>	<b>1,03</b>	<b>0,21</b>
P <sub>II</sub>	27-22-1	88,14	0,93	0,82	82,75	0,91	0,98	5,39

L'analyse du tableau 3 montre que les valeurs du critère de Nash calculées sont de 94,00 % pour le modèle P<sub>I</sub> et de 88,14 % pour le modèle P<sub>II</sub> en calage et respectivement de 94,21 % et de 82,75 % en validation ; les valeurs du critère de robustesse (i<sub>max</sub>) calculées sont de 0,21 % pour P<sub>I</sub> et de 5,39 % pour P<sub>II</sub>. Elles sont toutes inférieures à 10% ; les valeurs du coefficient de corrélation (r) déduites, sont de 0,97 pour P<sub>I</sub> et de 0,93 pour P<sub>II</sub> en calage et respectivement de 0,97 et de 0,91 en validation ; le rapport des débits maximaux est de 0,96 pour P<sub>I</sub> et de 0,82 pour P<sub>II</sub> en calage et respectivement de 1,03 et 0,98 en validation. Toutes ces valeurs obtenues, traduisent une bonne performance des modèles de prévision développés. Le critère de robustesse de chaque modèle étant inférieur à 10%, montre que les modèles de prévision sont robustes par conséquent stables. Afin d'apprécier l'évolution

des débits, les hydrogrammes des débits prédits ont été représentés par les figures 2 et 3 en calage et par les figures 4 et 5 en validation

En calage:

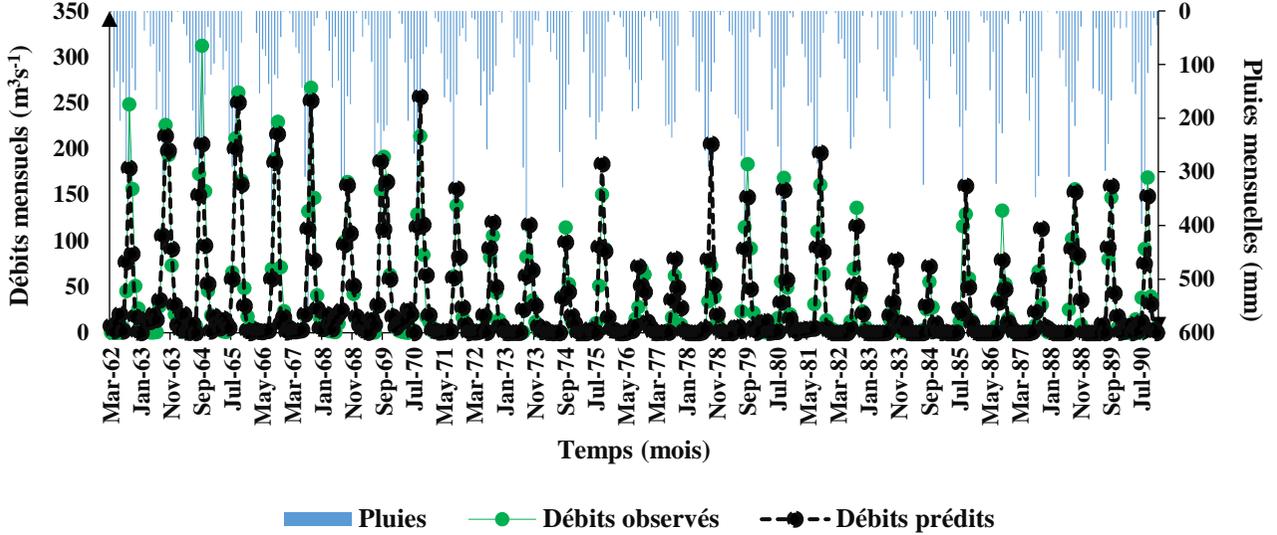


Figure 2 : Hydrogrammes des débits mesurés et prédits par le modèle P<sub>I</sub> en calage à la station de Kouto

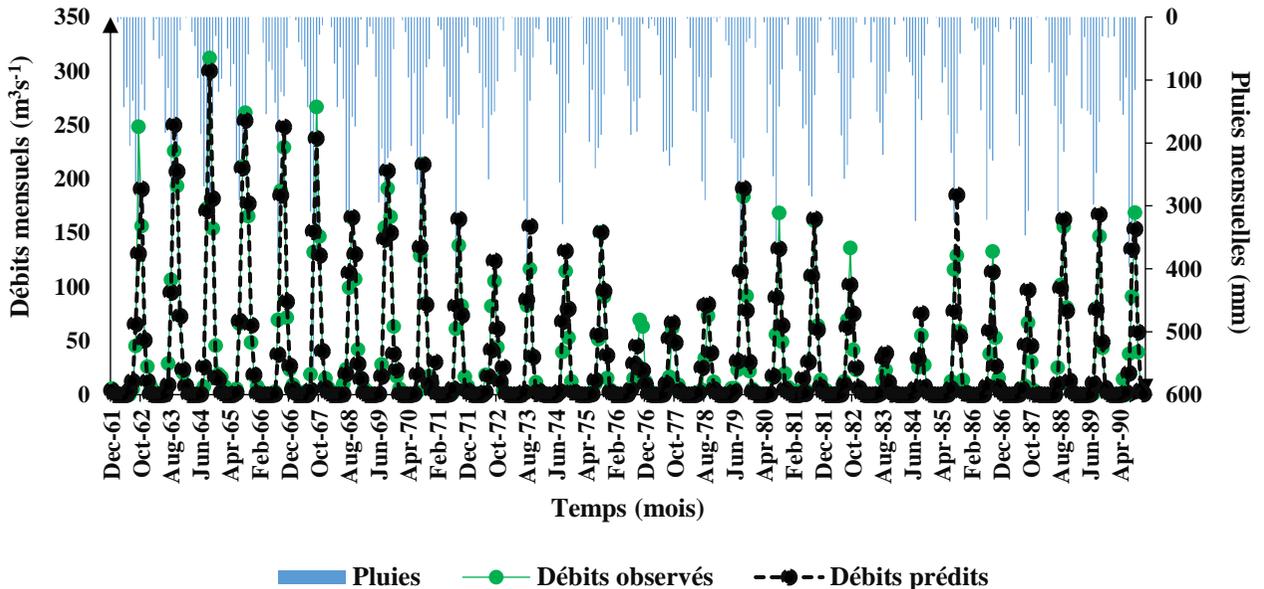


Figure 3 : Hydrogrammes des débits mesurés et prédits par le modèle P<sub>II</sub> en calage à la station de Kouto

L'analyse des hydrogrammes (Figure 2 et 3) montre que tous les modèles de prévision développés reproduisent bien la dynamique des

écoulements du fleuve Bagoé à la station de Kouto en phase de calage. Une tendance de bonne synchronisation entre les débits prédits et ceux mesurés *in situ*, est observée. Cependant des décalages entre les débits mesurés et ceux prédits par ces modèles de prévision sont observés. Par exemple certains debits de crues (septembre 1962 ; septembre 1963; septembre 1964; octobre 66; septembre 70; septembre 1975; septembre 78; septembre 1979; septembre 1981; septembre 1986) sont mal estimés par les modèles conçus.

### En validation

Les hydrogrammes mesurés et prédits par les modèles en calage et en validation sont illustrés par les figures 4 et 5.

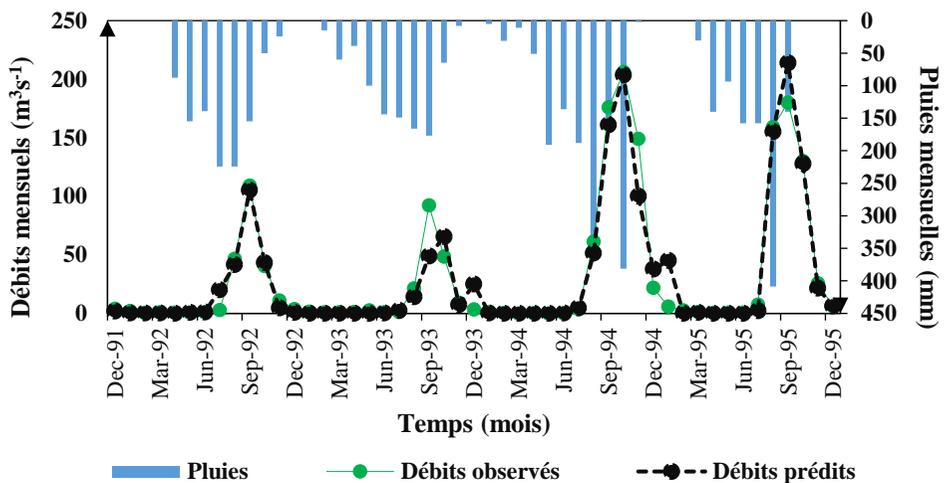


Figure 4 : Hydrogrammes des débits mesurés et prédits par le modèle P<sub>I</sub> en validation à la station de Kouto

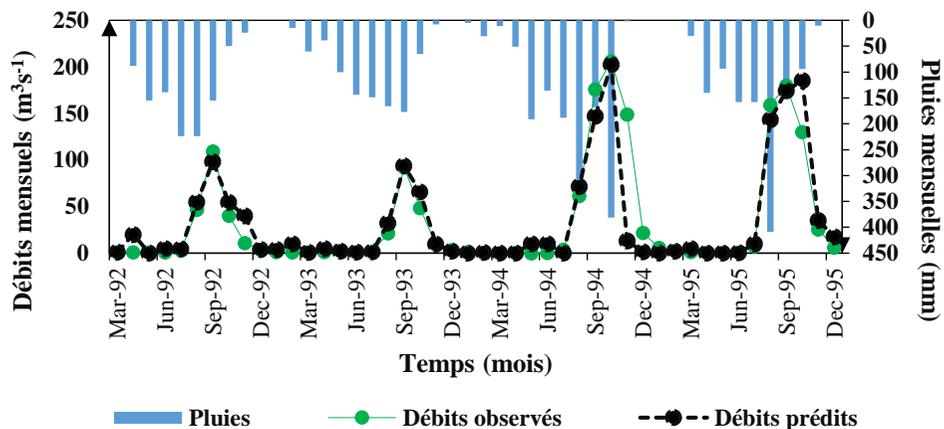


Figure 5 : Hydrogrammes des débits mesurés et prédits par le modèle P<sub>II</sub> en validation à la station de Kouto

L'analyse des hydrogrammes (Figure 4 et 5) montre que tous les modèles de prévision développés reproduisent bien la dynamique des écoulements du fleuve Bagoé à la station de Kouto dans la phase de validation. En effet, une bonne synchronisation entre les débits prédits et ceux mesurés *in situ* est observée. Toutefois, cette évolution synchrone des débits laisse apparaître des décalages entre les débits mesurés et ceux prédits par ces modèles de prévision. Certains débits de crues observés dans les périodes de grandes eaux sont parfois mal estimés. Par exemple, les débits de mai 1992 ; novembre 1992 ; novembre 1994 ; décembre 1994 marquant les périodes fortes du régime hydrologique du bassin sont par endroit mal estimés. Au regard de tous ces résultats obtenus, une comparaison entre les performances des modèles de prévision montre que le modèle  $P_1$  constitue le meilleur prédicteur des débits du fleuve Bagoé.

#### 4-2. Qualité des données estimées par les modèles de prévision

- **Qualité des données estimées par le modèle  $P_1$**

La description statistique des débits observés et prédits par le modèle  $P_1$  est consignée dans les tableaux 3.

**Tableau 3 :** Paramètres statistiques de la prévision des débits mensuels par le modèle  $P_1$

	Calage			Validation		
	Observés	Prédits	Résidus	Observés	Prédits	Résidus
Moyenne	31,27	31,22	0,00	31,56	30,90	0,65
Minimum	0	0,002	-55,97	0,001	0,002	-39,20
Maximum	312,17	300,12	117,87	206	216,82	49,10
Ecart type	55,81	56,78	13,60	56,59	55,10	13,56

L'analyse du tableau 3 montre que pour le modèle  $P_1$ , en calage, les moyennes des valeurs de débits estimés et observés sont presque identiques. L'écart type des valeurs estimées est légèrement élevé à celui des valeurs observées avec une moyenne des erreurs résiduelles quasi nulle. En effet, les débits prédits par le modèle  $P_1$  oscillent entre  $0,002 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  et  $300,12 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , avec une moyenne de  $31,22 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Le résidu moyen traduisant l'écart moyen entre les débits observés et les débits prédits est quasi nul. Ce résultat montre qu'en calage,  $P_1$  restitue en moyenne presque le débit observé. En validation, les débits prédits par  $P_1$  varient de  $0,002 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  à  $216,82 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , avec une moyenne de  $30,90 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . L'écart résiduel moyen entre ces valeurs observées et prédites, reste dans le voisinage de la valeur nulle ( $0,65 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ). Le résidu qui traduit l'écart entre les débits observés et ceux prédits varie de  $-55,97 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  à  $117,87 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  en validation et de  $-39,20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  à  $49,10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  en validation. Ce résultat montre qu'en validation  $P_1$  restitue en moyenne des valeurs qui sont dans le voisinage des valeurs de débits observés.

Les figures 6 et 7 présentent respectivement la distribution des résidus et la relation des résidus en fonction des débits prédits par  $P_1$ .

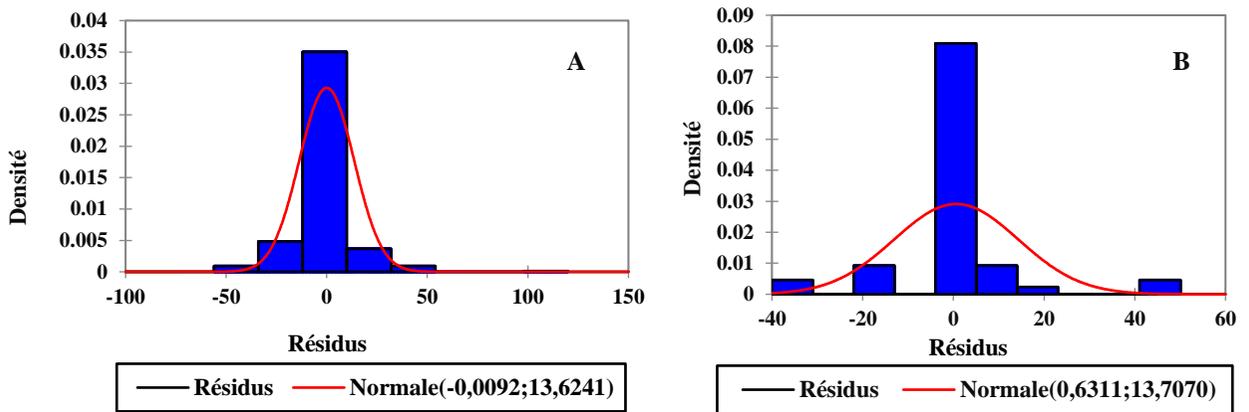


Figure 6 : Distribution des résidus pour le modèle  $P_1$ , A : en calage ; B : en validation

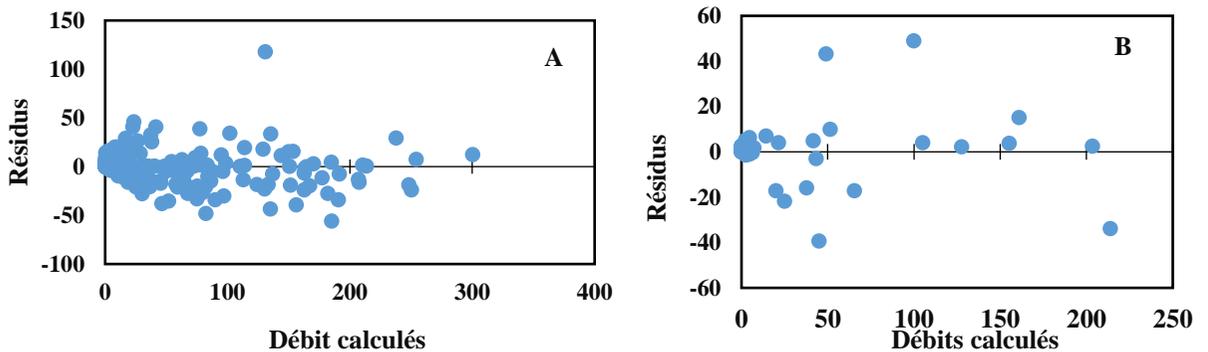


Figure 7 : Relation entre les valeurs estimées et les résidus pour le modèle  $P_1$ , A : en calage ; B : en validation

L'analyse de ces figures montre que les résidus calculés pour le modèle  $P_1$  ne suivent pas une distribution normale (Figure 6) en calage comme en validation. Néanmoins, on remarque un regroupement d'une très forte proportion des valeurs de résidus au niveau de la moyenne nulle (Figure 7). Aussi, la relation entre les résidus et les débits estimés du modèle fournit un bon ajustement des faibles débits qui représente la quasi-totalité des points (Figure 7). Concernant les débits forts, les erreurs sont parfois importantes. Une tendance de sous-estimation ou de surestimation de certains débits forts est observée pour ce modèle à la station de Kouto dans l'ensemble des deux phases (calage et validation).

• **Qualité des données estimées par le modèle P<sub>II</sub>**

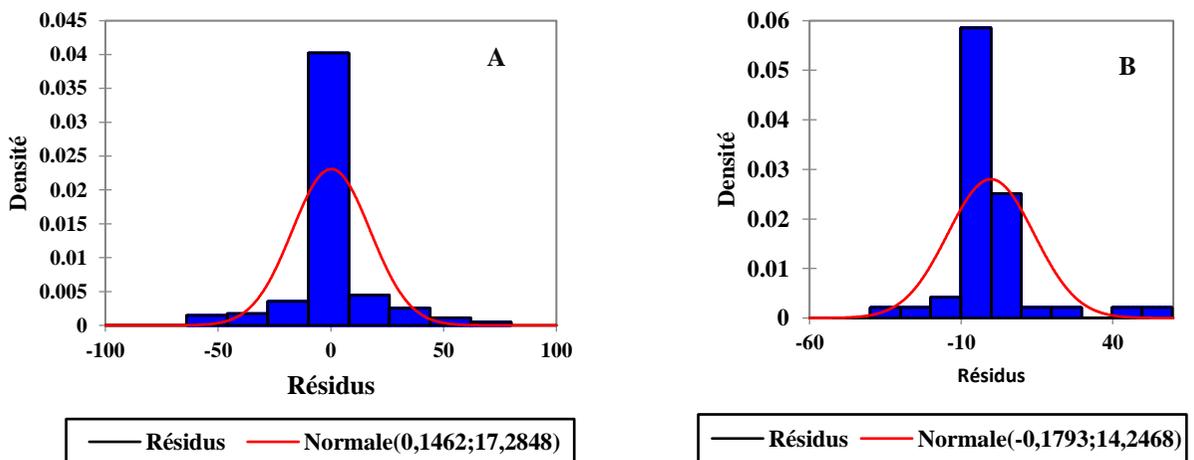
La description statistique des débits observés et prédits par le modèle P<sub>II</sub>, est consignée dans les tableaux XII.

**Tableau I** : Paramètres statistiques de la prévision des débits mensuels par le modèle P<sub>II</sub>

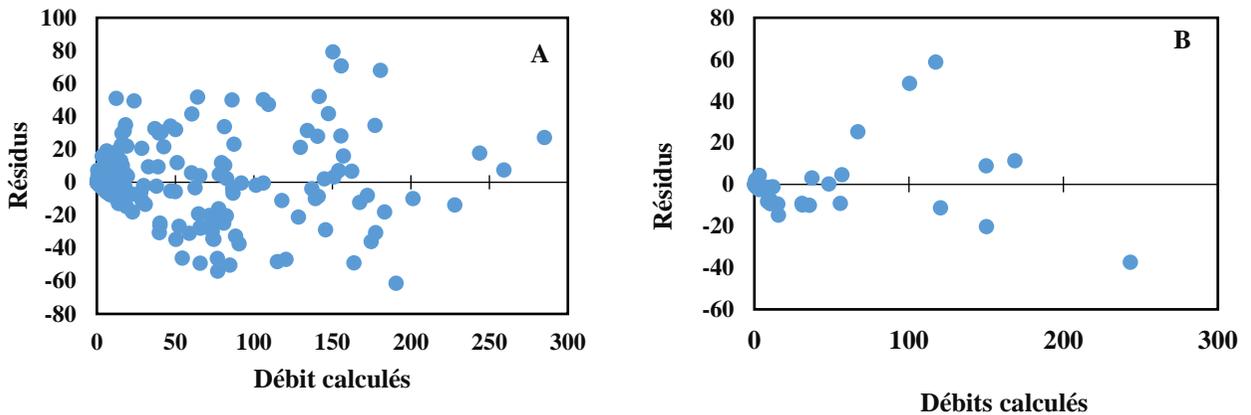
	Calage			Validation		
	Observés	Prédits	Résidus	Observés	Prédits	Résidus
Moyenne	31,27	30,99	0,15	31,56	31,69	-0,13
Minimum	0	0,13	-61,43	0,001	0,18	-37,32
Maximum	312,37	285,08	79,26	206	243,32	58,64
Ecart type	55,61	52,57	17,26	56,59	54,17	14,10

L'analyse du tableau XII montre qu'en calage, les moyennes des valeurs de débits estimés et observés sont presque identiques et une moyenne des erreurs résiduelles très faible (0,15). En effet les débits prédits par le modèle P<sub>II</sub> oscillent entre 0,13 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> et 285,08 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, avec une moyenne de 30,99 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Le résidu moyen traduisant l'écart moyen entre les débits observés et les débits prédits, est estimé à 0,15 qui s'inscrit dans le voisinage de la valeur nulle.

En validation, les débits estimés, oscillent entre 0,18 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> et 243,32 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, avec une moyenne de 31,69 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. L'écart moyen entre les débits observés et les débits prédits est estimé à -0,13 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> qui tend presque vers la moyenne nulle. Le résidu qui traduit l'écart entre les débits observés et ceux prédits varie de -61,43 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> à 79,26 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> en calage et de -37,32 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> à 58,64 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> en validation. Tous ces résultats traduisent que le modèle P<sub>II</sub> restitue en moyenne des valeurs qui sont dans le voisinage des valeurs de débits observés. Les figures 8 et 9 donnent respectivement la distribution des résidus et la relation des résidus en fonction des débits simulés pour le modèle P<sub>II</sub>.



**Figure 8** : Distribution des résidus pour le modèle P<sub>II</sub>, A : en calage ; B : en validation



**Figure 9** : Relation entre les valeurs estimées et les résidus pour le modèle  $P_{II}$ , A : en calage ; B : en validation

L'analyse de ces figures montre que la distribution des résidus pour le modèle  $P_{II}$  n'est pas une distribution normale (Figure 8) en calage comme en validation. Néanmoins, on remarque un regroupement d'une très forte proportion des valeurs de résidus au niveau de la valeur nulle (Figure 9). En outre, la relation entre les résidus et les débits prédits par le modèle  $P_{II}$  fournit un bon ajustement des débits faibles (Figure 9). Quant aux débits forts, une tendance de sous-estimation ou de surestimation est observée pour ce modèle à la station de Kouto en calage comme en validation.

## Discussion

La dynamique de l'écoulement du fleuve Bagoé est évaluée par deux modèles de réseau de neurones  $P_I$  et  $P_{II}$  assurant respectivement la prévision à l'instant  $t$  et la prévision à l'instant  $t+3$ . Ces modèles de prévision ont estimé l'écoulement du fleuve Bagoé à plus de 93% en calage et à plus de 91 % en validation. En effet, les coefficients de corrélation de Pearson, traduisant la corrélation entre les débits observés et les débits calculés par ces derniers, varient de 0,91 à 0,97. Ces résultats obtenus concordent avec les travaux antérieurs de Koffi et *al.*(2014) ayant utilisés la même méthodologie. En effet, les travaux réalisés par ces auteurs à la station hydrométrique de Tortiya sur le Bandama Blanc dans le cadre des prévisions de débit à l'horizon de 3 mois ont donné une variation du coefficient de corrélation comprise entre 0,88 et 0,91. Concernant les hydrogrammes observés et prédits par les modèles développés, ces derniers sont synchrones et traduisent une variation similaire des débits observés *in situ*. Cependant des décalages sont observés pour des débits forts du regime hydrologique. Plusieurs raisons pourraient expliquer une telle anomalie parmi lesquelles les paramètres intrèques du modèle

neuronal. Des observations similaires ont été relevées de la part de Koffi (2007) quant à l'incapacité des modèles neuronaux à reproduire des débits extrêmes. Dans ses travaux sur le Bandama blanc au Nord de la Côte d'Ivoire, Koffi (2007) a observé l'incapacité des modèles de réseaux de neurones à reproduire certains débits du fleuve qui ne sont pas seulement le fait des seules pluies tombées sur le bassin versant. Parallèlement à cette explication, les RNA durant leur phase d'apprentissage, se familiarisent aux données. Ils extraient des singularités dans ces données. Aussi, dans cette étude de modélisation, les crues s'observent une fois dans l'année et généralement durant la période d'août ou de septembre ou d'octobre. Comme les données de débit de crue sont en nombre très insuffisant par rapport aux autres débits, les modèles RNA disposent donc peu de données de débit de crue afin d'extraire la singularité. De façon Générale, le surajustement et le sous-ajustement sont des problèmes très courants dans le domaine de l'apprentissage automatique, notamment avec les réseaux de neurones artificiels. Les différentes valeurs des erreurs résiduelles calculées dans cette étude, illustrent parfaitement la capacité des réseaux de neurones à sur estimer ou à sous-estimer les valeurs prédites. Les débits estimés par tous les modèles neuronaux conçus, oscillent respectivement entre  $0,002 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  et  $300,12 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , avec une moyenne de  $31,10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  en calage et  $0,002 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  et  $243,32 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , avec une moyenne de  $31,29 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  en validation.

## Conclusion

Cette étude portant sur l'étude de la qualité des valeurs estimées par les algorithmes du Machine Learning, notamment les réseaux de neurones dans l'évaluation des ressources en eau en vue d'anticiper des risques de sécheresse et d'inondation, est initiée pour tenter de faire des prévisions des débits mensuels du fleuve Bagoé à la station hydrométrique de Kouto. Elle a conduit d'abord à la construction des modèles de réseau de neurones et ensuite à leur utilisation en mode prévision de débits. Les résultats obtenus indiquent que ces modèles neuronaux développés pour les débits mensuels ont exprimé plus de 91% de ces débits. Ces derniers oscillent respectivement entre  $0,002 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  et  $300,12 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , avec une moyenne de  $31,10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  en calage et  $0,002 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  et  $243,32 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , avec une moyenne de  $31,29 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  en validation. L'évolution satisfaisante des débits prédits permet d'exprimer la dynamique de l'écoulement du fleuve Bagoé. Cependant, quelques décalages sont observés au niveau des débits extrêmes en calage comme en validation. Pour les recherches futures, l'application de la présente approche méthodologique aux bassins versants de comportement hydrologique similaire peut être envisagée. Aussi, l'hybridation des réseaux de neurones de prévision avec d'autres algorithmes méta heuristiques, notamment l'algorithme des sauterelles, l'algorithme des poissons artificiels et l'algorithme des particules artificiels

pourraient corriger les anomalies observés. L'identification des hyperparamètres par des fonctions recherches de grille pourrait améliorer les performances des réseaux de neurones dans la prévision des variables hydroclimatiques.

**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. Adja, M.,G. (2009). Etude de l'état hydrique saisonnier du bassin versant de la Bagoé dans un contexte de variabilité climatique. Départements de Boundiali et Tengréla, (milieux soudano-sahéliens au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody (Abidjan), Côte d'Ivoire, 195 p.
2. Adja, M. G., Djemin, J. E., N'dri, F. O., Kouame, F. K. & Biemi, J.(2019).Contribution des modèles hydrologiques et des SIG à l'étude de l'impact de la variabilité climatique et du changement de l'occupation du sol sur les ressources en eau du bassin versant de la Volta en Côte d'Ivoire, *International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-932*, Vol. 26, (No. 2), pp. 652-667
3. Ardoin-Bardin, S., Dezetter, A., Servat, E., Mahé, G., Paturel, J. E., Dieulin, C., & Casenave, L. (2005). Évaluation des impacts du changement climatique sur les ressources en eau d'Afrique de l'Ouest et Centrale. *Regional Hydrological Impacts of Climatic Change—Hydroclimatic Variability*, pp 194-202.
4. Assoko, A., S.,V. (2022). Conception d'outils de prévision des extrêmes hydrologiques en région tropicale ouest africaine : cas du bassin versant de la Marahoué en côte d'ivoire. Thèse de Doctorat, Institut national polytechnique Felix Houphouët-Boigny, 240p
5. Assouman, S. F., Kone M., & Koli, B. Z., (2016). Morphologie du paysage, variabilite pluviometrique et aménagement de la plaine alluviale de la bagoé : l'exemple de guinguerini au nord de la cote d'ivoire. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, N°1, 13. pp. 5-17
6. Beguería, S., Sans, F., Antigua, I., Cakir R., Domènech, M., Haro-Monteagudo, D., Huang, P., Jódar, J., Lambán, Jiménez, L. J., & Le Coent, P. (2023). Adaptation au changement climatique dans la gestion

- des ressources en eau des Pyrénées. Mémoires scientifiques du projet, Piragua, vol. 2., 243p
7. Bowden, G. J., Dandy, G. C. & Maier, H.R.( 2005). Input determination for neural network models in water resources applications: Part 1 - Background and methodology. *Journal of Hydrology*, 301(1-4), pp. 75-92, DOI: 10.1016/j.jhydrol.2004.06.021
  8. Brou, L. A., Kouassi, K. L. K., Konan, K. S., Kouadio, Z. A., Konan, K. F. et Kamagaté B. (2017). Rain-Flow Modeling Using a Multi-Layer Artificial Neural Network on the Watershed of the Cavally River (Côte d'Ivoire). *Journal of Water Resource and Protection*, Volume 09, n°12, pp 1403-1413.
  9. Camara, S., & Bangoura, A. (2017). Valorisation des ressources en eau en guinee en vu d'un developpement economique, social et durable. *Journal of Water and Environmental Sciences*, 1, pp 106-114.
  10. Cardinal, H., Delbec, M., Monier, L., & Willinger, B. (2023). La plateforme Prévi-Bièvre : Un outil de gestion dynamique et de prévision des inondations au service des riverains de la Haute Vallée de la Bièvre. *Novatech 2023: 11e Conférence internationale sur l'eau dans la ville*, 6p
  11. Dechemi, N., Benkaci, T., & Issolah, A. (2003). Modélisation des débits mensuels par les modèles conceptuels et les systèmes neuro-flous. *Revue des sciences de l'eau*, 16(4), pp. 407-424. <https://doi.org/10.7202/705515ar>
  12. El Yadari, S., & Idrissi, A. J. (2023). Changement climatique et effets de la secheresse hydroclimatique sur les ressources en eau et quelques formes d'adaptations : cas du bassin versant d'inaouene, Maroc. *Revue des Etudes Multidisciplinaires en Sciences Economiques et Sociales*, 8(2), pp. 142-151
  13. Fletcher, R.(2000). *Practical methods of optimization*. John Wiley & Sons
  14. Girard, G. (1961). *Etude du bassin de la Haute Bagoé. Résultats de la campagne 1960*, ORSTM, 82 p.
  15. Kharroubi, O., Blanpain, O., Masson, E., & Lallahem, S. (2016). Application du réseau des neurones artificiels à la prévision des débits horaires : Cas du bassin versant de l'Eure, France. *Hydrological Sciences Journal*, 61(3), pp. 541-550.
  16. Koffi, Y. B., Ahoussi, K. E., Kouassi, A. M., Kouassi, O., Kpangui, L. C. & Biemi, J. (2014). Application des réseaux de neurones formels pour la prévision des débits mensuels du Bandama blanc à la station de Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire). *Afrique Science : Revue Internationale Des Sciences et Technologie*, Volume 10, n°3, pp. 134-135

17. Kohnert, D. (2023). L'eau, une bénédiction et une malédiction: comment résoudre les conflits liés à l'eau en Afrique de l'Ouest? Hamburg. En ligne: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-88149-7> , 30p (Consulté le 2 Mars 2024)
18. Kouao, J.-M., Kouassi, A. M., & Kouame, K. A. (2022). Prévion de la sécheresse météorologique et agrométéorologique dans un contexte de changements climatiques en afrique de l'ouest : cas de la côte d'ivoire, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 40, pp. 279 – 307
19. Liu, H. (2024). Empowering Predictivity and Speed of hiPSC CM Assays by Machine Learning Approach [Phdthesis, Sorbonne Université]. <https://theses.hal.science/tel-04573685>, 136p
20. Lek, S., Dimopoulos, I., Derraz, M. & El Ghachtoul, Y. (1996). Modélisation de la relation pluie-débit à l'aide des réseaux de neurones artificiels. *Revue des Sciences de l'eau*, Volume 9, n°3, pp. 319-331. <https://doi.org/10.7202/705255ar>
21. Lucea, M. (2006). Modélisation dynamique par réseaux de neurones et machines à vecteurs supports : contribution à la maîtrise des émissions polluantes de véhicules automobiles. Thèse de Doctorat de l'Université PARIS 6, Paris, France, 199 p.
22. Mahé, G., Olivry J.C. & Servat E. (2005). Sensibilité des cours d'eau ouest-africains aux changements climatiques et environnementaux : extrêmes et paradoxes. Colloque AISH Scientific Assembly:
23. New, M., Hulme, M. & Jones, P. (1998). Representing 20th century space-time climate variability. II: Development of 1901–1996 monthly terrestrial climate fields. *J. Climate* 13, pp. 2217–2238
24. Njeugeut, A., C., M., Youan, Ta M., Kamenan, S., J-R., Assoma, T., V., & Jourda J., P. (2023). Cartographie Automatique des Zones Inondées et Evaluation des Dommages dans le District d'Abidjan à l'Aide de l'Imagerie Satellitaire Radar Sentinel-1 Depuis Google Earth Engine. *European Scientific Journal, ESJ*, 22, pp. 124-156. Retrieved from <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/17285>
25. Ouisse, K. (2013). Prévion des crues par modèle de réseau de neurones artificiels : Application au bassin versant de l'Eure (Lille 1). Thèse de Doctorat de l'Université de Lille 1, France, 210 p.
26. Sané, T., & Faye, C. (2015). Le changement climatique dans le bassin versant de la Casamance: Évolution et tendances du climat, impacts sur les ressoources en eau et stratégies d'adaptation., Atelier scientifique et du lancement de l'initiative « Casamance: un réseau scientifique au service du development en Casamance » du 15-17 juin 2015 à Ziguinchor, Sénégal, L'Harmattan, ISBN : 978-2-343-07690-4, pp 89-110

27. Souanef, N. (2015). Analyse fréquentielle des débits max de crues de L'Oued Abiod. Master, Université Mohamed Khider, Algérie, 134 p, <http://thesis.univ-biskra.dz/1556/>
28. Stollsteiner, P., Wuillemier, A., Bessière, H & Seguin, J (2012). Guide pour la détermination des indicateurs piézométriques en vue d'une gestion quantitative de la ressource. [Rapport de recherche] Brgm; Onema. ffhal-02936929ff

## Vers une culture durable de l'algue rouge *Gracilaria gracilis* en Tunisie

*Rafik Ben Said, PhD*

*Nouha Mathlouthi*

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM)  
Laboratoire d'Aquaculture, Tunisie

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p176](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p176)

Submitted: 24 October 2024  
Accepted: 03 December 2024  
Published: 31 December 2024

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

*Cite As:*

Ben Said R. & Mathlouthi N. (2024). *Vers une culture durable de l'algue rouge Gracilaria gracilis en Tunisie*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 176.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p176>

### Résumé

**Objectifs :** Ce travail a pour objectifs l'étude de l'effet de l'intensité lumineuse et de la photopériode sur la croissance de l'algue rouge *Gracilaria gracilis* au laboratoire et après transplantation dans la lagune de Bizerte, la détermination du rendement d'agar et l'évaluation de sa qualité.

**Méthodologie et résultats :** Une culture expérimentale au laboratoire a été réalisée sur des boutures ayant un poids initial d'environ 1 g, sous différentes intensités lumineuses et photopériodes. Après 10 semaines, les boutures ont été transplantées dans la lagune de Bizerte. Au bout de deux mois, l'extraction de l'agar-agar a été effectuée sur les algues cultivées. Les principaux résultats ont montré que la croissance optimale des boutures cultivées au laboratoire a été obtenue sous l'intensité lumineuse 1500 Lux et la photopériode 16 h : 8h (lumière/obscurité) ( $4,55 \pm 1,20$ g). Après leur transplantation, le poids des touffes d'algues a varié entre 150 g et 800 g. Le rendement d'extraction d'agar-agar a fluctué entre 14 % et 15 % du poids sec. La force de gel maximale a atteint  $190 \text{ g cm}^{-2}$ . Le point de gélification et le point de fusion ont varié entre 38°C et 45 °C et 78°C et 97 °C, respectivement.

**Conclusion et application des résultats :** Les résultats obtenus permettraient l'intensification de la culture des boutures en laboratoire, puis leur transplantation en milieu naturel. Ainsi, les biomasses des algues cultivées peuvent être augmentées, les stocks naturels et la biodiversité y est liée, le tout préservé. En outre, la phycoculture permettrait l'extraction de différents produits d'intérêt, en particulier les

phycocolloïdes, tels que l'agar-agar, les pigments, tels que la R-phycoérythrine et autres métabolites secondaires, etc. De cette façon, une assise d'économie durable à base d'algoculture et qui respecte en même temps l'environnement, pourrait être fondée en Tunisie.

---

**Mots-clés:** Algues marines, culture, boutures, croissance, agar-agar

---

## **Towards a sustainable cultivation of the red alga *Gracilaria gracilis* in Tunisia**

**Rafik Ben Said, PhD**

**Nouha Mathlouthi**

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM)

Laboratoire d'Aquaculture, Tunisie

---

### **Abstract**

**Objectives:** This study aims at providing information on the effect of light intensity and photoperiod on the growth of the red alga *Gracilaria gracilis* in the laboratory and after the transplantation in Bizerte lagoon, agar yield, and quality. **Methodology and results:** A cultivation trial was undertaken on cuttings/fragments (1g each) in the laboratory under different light intensities and photoperiods. After 10 weeks of cultivation period, the cuttings have been transplanted in Bizerte lagoon. After the cultivation period, agar was extracted to evaluate its yield and quality. Results showed that the optimal growth in the laboratory was recorded with 1500 Lux and a photoperiod of 16 h: 8h (Light/dark cycle) ( $4, 55 \pm 1,20g$ ). After transplantation of the cuttings, the weight of seaweeds ranged from 150 g to 800 g after 2 months of cultivation. Agar yield ranged from 14 % to 15 % of dry weight. Gel strength reached  $190 \text{ g.cm}^{-2}$ . Gelling temperature and melting temperature varied between  $38^\circ\text{C}$  and  $45^\circ\text{C}$  and  $78^\circ\text{C}$  and  $97^\circ\text{C}$ , respectively. **Conclusion and application of results:** Results obtained may allow the intensification of cuttings cultivation in the laboratory and then after the transplantation in a natural medium to increase the biomass of farmed seaweeds, on the one hand, to avoid the breakdown of wild stocks, and to preserve the biodiversity of the ecosystem, on the other hand. Moreover, seaweed cultivation may allow the extraction of several interesting products, especially the phycocolloids, such as agar-agar, pigments, such as the R-phycoerythrine, and other secondary metabolites. Thus, a sustainable eco-friendly economic seating of seaweed farming could be founded in Tunisia.

---

**Keywords:** Seaweed, farming, cuttings, growth, agar-agar

---

## Introduction

Les algues sont utilisées à l'échelle mondiale dans différents domaines, tels que l'alimentation humaine et animale, l'agriculture, les industries pharmaceutiques et cosmétiques (Rebours et al. 2014, Ammar et al. 2022). La production totale des algues et autres végétaux marins a atteint 36 millions de tonnes en 2020, dont 35,1 millions de tonnes provenant de l'aquaculture (FAO,2022). L'intérêt porté aux algues et à leur valorisation, par la culture et l'extraction des phycocolloïdes, en particulier l'agar-agar, est connu depuis longtemps dans plusieurs pays. Parmi ces derniers, on peut citer la Chine, le Viêt-Nam, la Corée, les Philippines, l'Indonésie, l'Inde, le Chili, l'Argentine et le Brésil (Gonzalez-Leija et al.2009, Martin et al. 2013, Veeragurunathan et al. 2019). Différentes techniques de culture sont utilisées de par le monde. Elles sont basées essentiellement sur la reproduction végétative, par bouturage pour certains genres, tels que *Kappaphycus*, *Euचेuma* et *Gracilaria* et par voie sexuée pour d'autres, telles que *Laminaria*, *Porphyra* (*Pyropia*) et *Undaria*. La technique de transplantation des plantules d'algues d'un milieu contrôlé en laboratoire ou en « nursery » vers la mer est connu pour plusieurs espèces, après un certain temps de culture à partir de spores, telles que *Laminaria* (*Saccharina*) *japonica*, *Pyropia* *tenear* et *Undaria* *pinnatifida*. Cette technique est bien documentée dans la littérature (Khan et al. 2024). Par ailleurs, des expérimentations fructueuses sur la transplantation de la phanérogame *Posidonia oceanica* (Nieri et al. 1991) et de l'algue brune *Cystoseira* ont été effectuées avec succès pour repeupler et restaurer certaines zones qui ont vu ces algues disparaître, notamment au sud de la France (Trougan et al. 2021). Cependant, la culture de petites boutures -obtenues à partir de thalles mères vivant dans la nature, pendant un certain moment en laboratoire puis leur la transplantation en milieu naturel- n'a été pas, à notre modeste connaissance, pratiquée auparavant. En Tunisie, les algues marines comptent plus de 400 espèces différentes (Ktari et Langar, 2004). Parmi les plus recherchées figurent les algues rouges appartenant au genre *Gracilaria*, dont la production mondiale a atteint plus que 5 millions de tonnes en 2020 (FAO,2022). Cependant, la Tunisie n'en produit que 79 T (D.G.P.A,2019), provenant d'une seule société implantée dans la lagune de Bizerte depuis 2018. Il est important de signaler que les gracilaires sont dotées d'un produit très prisé, qui est l'agar-agar. Ce phycocolloïde est utilisé dans différents domaines, en particulier les industries agro-alimentaires, les laboratoires bactériologiques, pharmaceutiques, cosmétiques, etc. En Tunisie, l'intérêt porté à la culture et la valorisation des végétaux marins, d'une façon générale et aux algues en particulier, a débuté il y a environ vingt-cinq ans (Ksouri et al. 1999, 2000 ; Ben Said et Ksouri,1999). Récemment, d'autres recherches ont été réalisées sur la culture et l'étude de l'agar-agar extrait, en plus de la composition biochimique de *Gracilaria gracilis* (Ben Said et al. 2018 ; Mensi

et al. 2020). Toutefois, la culture des boutures de *Gracilaria* en laboratoire, puis leur transplantation en milieu naturel, n'ont pas fait l'objet de travaux de recherche antérieurs en Tunisie. Pour cette raison, ce travail a pour objectif de cultiver les boutures ayant un faible poids (de l'ordre de 1g) dans des conditions contrôlées, puis les transplanter dans le milieu naturel (la lagune de Bizerte) afin d'avoir des biomasses appréciables qui permettent d'extraire plusieurs produits d'intérêt, notamment l'agar-agar.

## Méthodes

### *Zone de récolte et de culture*

La zone de récolte de l'algue rouge *Gracilaria gracilis* (= *G. verrucosa*) est située dans la lagune de Bizerte (37°,22' 66 N ,10°,19' 41" E). La collecte a été effectuée à la main, en Février 2018, entre 0 et 1 mètre de profondeur, en face de Menzel Jemil (Figure 1).



**Figure 1** : Site de collecte de *Gracilaria gracilis* (= *G. verrucosa*) : La lagune de Bizerte

## Méthodes

### *Culture au laboratoire*

Après leur récolte, les thalles de *Gracilaria gracilis* (Figure 2) ont été transportés vers le laboratoire à INSTM, centre de Kheireddine où ils ont été soigneusement lavés et nettoyés par l'eau de mer pour éliminer les épiphytes, les impuretés, ainsi que les petits animaux qui y adhèrent tels que les vers, les mollusques et les anémones. Au cours de la première étape de culture, les thalles de *Gracilaria* ont été sectionnés et fragmentés en petites boutures ayant un poids initial de 1g. Le pesage a été effectué à l'aide d'une balance électronique de précision de type Bosch. Par la suite, les petites boutures ont été placées dans un erlenmeyer contenant 500 ml de milieu de culture. Ce dernier est celui de Walne (Boulot, 1985), mais légèrement modifié selon Ben Said (1994). Les boutures ont été cultivées sous trois intensités lumineuses

différentes (500, 1000 et 1500 Lux) et trois photopériodes (8h :12h ,12h :12h et 16 h :8h ; lumière/obscurité). La lumière (blanche) est fournie par des tubes néon de type L 18W/10. L'intensité lumineuse a été mesurée à l'aide d'un luxmètre (LT Lutron LX-107 Light Meter) et la photopériode a été réglée à l'aide d'une horloge coupe-circuit. La culture des algues a été réalisée dans une salle climatisée où la température a été fixée entre 20 et 22°C. Cette température est proche de celle qui règne généralement dans la lagune de Bizerte pendant cette période. Les erlenmeyers contenant les boutures sont bien aérées à l'aide de pompes à air d'aquarium afin d'assurer l'agitation de l'eau, apporter le CO<sub>2</sub> et favoriser, par conséquent la bonne croissance des algues. Le suivi de la croissance pondérale des boutures, ainsi que le renouvellement du milieu de culture, ont été effectués d'une façon hebdomadaire. Pour chaque condition de culture, trois réplicas ont été utilisés durant l'expérience.



**Figure 2 :** Thalle de l'algue rouge *Gracilaria gracilis* (*G. verrucosa*) de la lagune de Bizerte

### ***Transfert des plantules vers le milieu naturel : la lagune de Bizerte***

Après avoir passé 10 semaines de culture dans le laboratoire, les petites plantules cultivées ayant un poids allant de 2 à 4 g ont été transplantées dans la lagune de Bizerte, en face de Menzel Jémil, afin de poursuivre leur croissance dans leur milieu naturel d'origine. Les plantules ont été cultivées dans des poches de filets de 1 cm de côté de maille et fixées à une corde tendue entre deux piquets, à une profondeur de 0,5 m à 1 m. La culture a duré deux mois : à partir de 22 mai jusqu'à 20 juillet 2018. Au cours de cette période, le poids des touffes d'algues a été mesuré deux fois successives : le 20 juin et le 20 juillet. Le taux de croissance journalier, aussi bien en laboratoire qu'en milieu naturel, est calculé selon la formule suivante :

**TCJ ou TCS (%j<sup>-1</sup>) = 100\* (Ln (P<sub>f</sub>/P<sub>i</sub>) /T)**, où P<sub>i</sub> : Poids initial, P<sub>f</sub> : Poids final et T : durée de culture en jours (Munoz *et al.*,2004).

### ***Extraction de l'agar-agar et étude de la qualité***

Les échantillons d'algues de *Gracilaria gracilis*, utilisés pour l'extraction de l'agar-agar, proviennent des cultures des petites boutures qui ont été cultivées au préalable au laboratoire, puis transplantées dans la lagune de Bizerte. L'extraction de l'agar-agar a été réalisée selon la méthode décrite par Ben Said et al. (2018), mais modifiée. Les modifications ont porté essentiellement sur l'ajout du 2-propanol dans le processus afin d'étudier l'effet de la concentration d'alcool sur le rendement et la qualité du produit obtenu, à savoir la force de gel, le point de gélification et le point de fusion. Dans ce cadre, trois concentrations différentes (2%,4% et 8%) ont été testées, en plus du témoin (0%). A cet effet, la procédure décrite par Ben Said et al. (2011) et Ben Said et al. (2018) a été suivie. Trois réplicas ont été utilisés pour l'étude du rendement et de la qualité de l'agar obtenu.

### ***Analyse statistique***

Les résultats ont été exprimés en moyennes ± écart-type. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide d'un logiciel SPSS version 20.0. Pour l'étude de la croissance pondérale des algues dans les conditions de laboratoire, l'analyse de la variance à deux facteurs (intensité lumineuse et photopériode) a été appliquée pour étudier l'effet de ces facteurs et détecter s'il y a une différence entre les moyennes. La comparaison multiple des moyennes a été réalisée à l'aide de test de Tukey. Pour l'étude de la qualité d'agar-agar, l'analyse de la variance à un facteur (la concentration de 2-propanol) a également été utilisée. Par ailleurs, nous avons cherché s'il existe une corrélation entre les différents paramètres étudiés : rendement d'extraction, force de gel, point de gélification et point de fusion (Corrélation de Pearson). Le seuil de signification retenu est 5%.

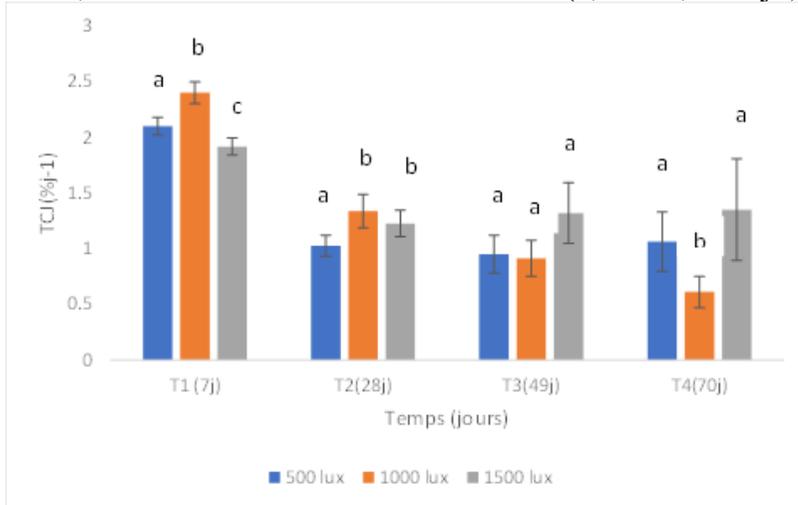
## **Résultats**

### ***Culture au laboratoire***

- ***Photopériode 8h :16 h (lumière/ obscurité)***

Pour les boutures de *G. gracilis* cultivées sous la photopériode 8 h :16 h (lumière/ obscurité), la valeur maximale du poids à la fin de l'expérience a été enregistrée sous l'intensité lumineuse la plus forte (1500Lux), soit 2,74 ± 0,09 g, tandis que la valeur la plus faible a été obtenue chez les boutures cultivées sous l'intensité lumineuse 1000 Lux, soit 1,62 ± 0,65g. Concernant le taux de croissance journalier, les valeurs maximales de TCJ (Figure 3) ont été enregistrées pendant la première semaine. Par la suite ces valeurs ont

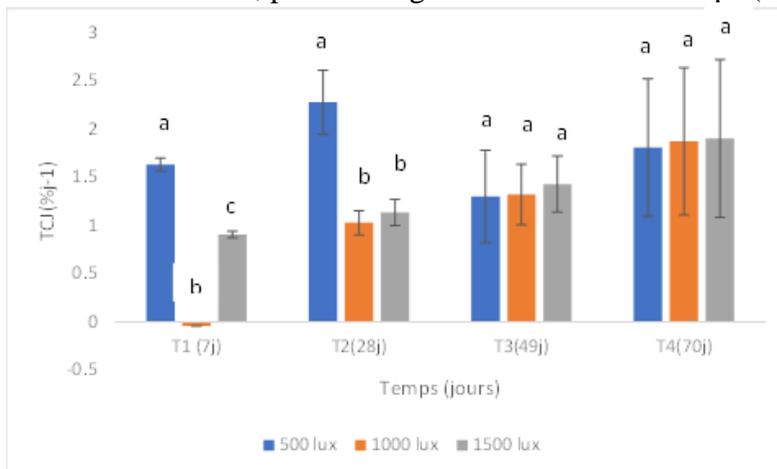
diminué au cours du temps. La valeur la plus élevée a été observée pendant cette période, sous l'intensité lumineuse 1000 Lux ( $2,40 \pm 0,09 \% j^{-1}$ ).



**Figure 3 :** Taux de croissance journalier des boutures de *Gracilaria gracilis* sous la photopériode 8 : 16 (Les lettres différentes indiquent qu'il y a une différence significative entre les moyennes à un seuil de 5%)

- **Photopériode 12h :12 h (lumière/ obscurité)**

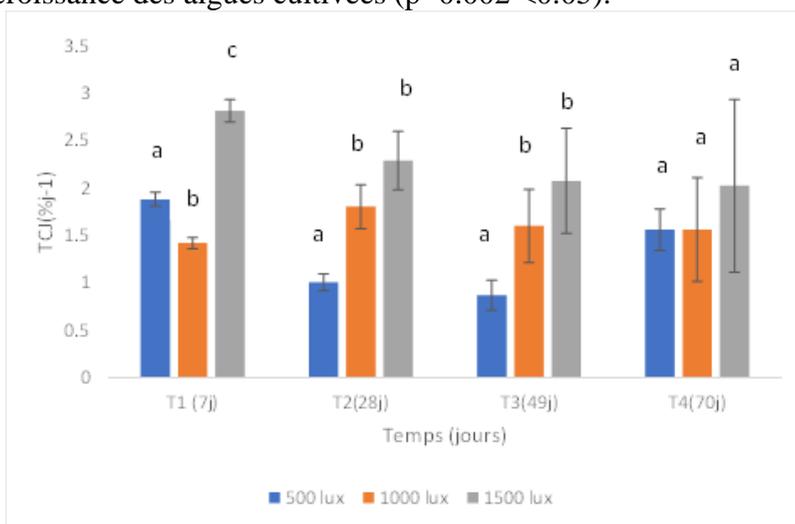
La valeur maximale du poids des boutures de *G. gracilis* a été obtenue après 10 semaines de la culture, sous l'intensité lumineuse 1500 Lux ( $4,04 \pm 0,55g$ ), suivie par l'intensité 500 Lux puis 1000 Lux. Le TCJ maximal a été enregistré à T2 (28j) et sous l'intensité lumineuse 500 Lux ( $2,27 \pm 0,33 \% j^{-1}$ ), puis cette valeur a diminué à T3 (49 j). Sous les autres intensités lumineuses, le TCJ a été faible au début, puis il a augmenté au cours du temps (Figure 4).



**Figure 4 :** Taux de croissance journalier des boutures de *Gracilaria gracilis* sous la photopériode 12 : 12 (Les lettres différentes indiquent qu'il y a une différence significative entre les moyennes à un seuil de 5%)

- **Photopériode 16h : 8h (lumière/ obscurité)**

Sous la photopériode 16 : 8, le poids des boutures de *G. gracilis* a augmenté progressivement de la même manière et ce, dès la première semaine de culture jusqu'à la 10<sup>ème</sup> semaine, sous les trois intensités lumineuses testées. La valeur maximale a été enregistrée chez les boutures cultivées sous l'intensité lumineuse 1500 Lux ( $4,55 \pm 1,20g$ ). Chez celles qui ont été cultivées sous l'intensité lumineuse 1000 Lux, le poids maximal a atteint  $3,23 \pm 0,60g$ . La valeur la plus faible a été enregistrée chez les boutures cultivées sous la faible intensité lumineuse ( $1,95 \pm 0,18g$ ). La valeur maximale du TCJ ( $2,81 \pm 0.12\%$ ) a été observée pendant la première semaine (T1 : 7 j) et sous l'intensité lumineuse 1500 Lux, puis cette valeur a diminué au cours du temps. La même tendance a été constatée à différents intervalles de temps (Figure 5). L'analyse de la variance à deux facteurs a montré que la photopériode possède un effet significatif sur la croissance pondérale des boutures de *G. gracilis* ( $p=0.043 < 0.05$ ), tandis que l'intensité lumineuse n'a pas d'effet significatif ( $p= 0.399 > 0.05$ ). En revanche, leur interaction présente un effet significatif sur la croissance des algues cultivées ( $p=0.002 < 0.05$ ).

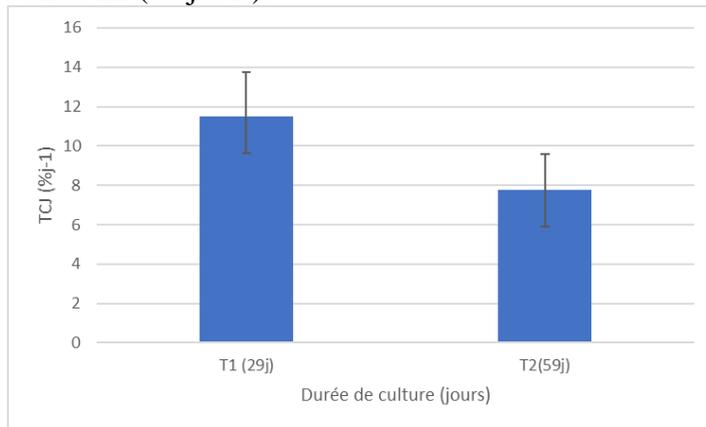


**Figure 5 :** Taux de croissance journalier des boutures de *Gracilaria gracilis* sous la photopériode 16 : 8 (Les lettres différentes indiquent qu'il y a une différence significative entre les moyennes à un seuil de 5%)

### ***Culture au milieu naturel après transplantation***

La transplantation des petites boutures de *G. gracilis* a permis d'avoir une croissance rapide des algues. En effet, les boutures qui avaient à leur sortie du laboratoire un poids initial entre 2 et 4 g ont vu leur poids évoluer d'une façon exponentielle au cours du temps. A la fin de l'expérimentation, le poids des touffes a varié entre 157 g et 800 g après environ 2 mois de culture. Le poids moyen est égal à  $385.66 \pm 208.96$  g. Le facteur d'accroissement du poids

des touffes a varié entre 37.5 et 200. Le taux de croissance journalier a atteint 11.5 % j<sup>-1</sup> pendant la première phase (T1) qui a duré 29 jours et 7.75 % j<sup>-1</sup> à la fin de la culture : T2 (59 jours).

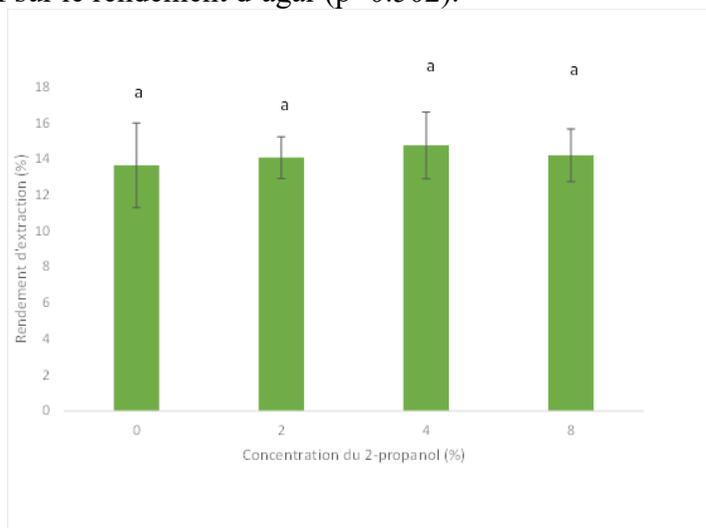


**Figure 6 :** Taux de croissance journalier des boutures de *Gracilaria gracilis* transplantées dans la lagune de Bizerte

## Extraction de l'agar-agar à partir de *Gracilaria gracilis* de culture après transplantation et étude de sa qualité

### Rendement d'extraction

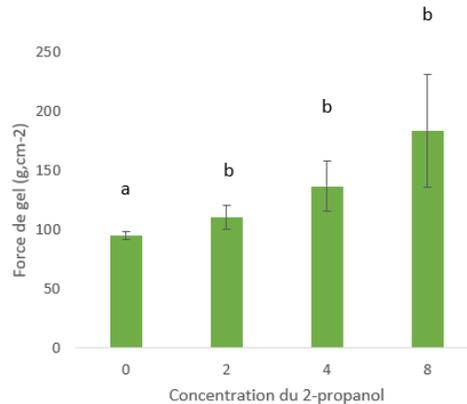
Les résultats obtenus à partir de *Gracilaria gracilis* sont représentés sur la Figure 7. Les valeurs maximales du rendement d'extraction ont été obtenues en utilisant la concentration 4 % de 2- propanol (14.75 ± 1,86 %). L'analyse de la variance a montré que la concentration d'alcool n'a pas d'effet significatif sur le rendement d'agar (p=0.502).



**Figure 7 :** Variation du rendement d'extraction en agar-agar de *Gracilaria gracilis* (Les lettres différentes indiquent qu'il y a une différence significative entre les moyennes à un seuil de 5%)

### Force de gel

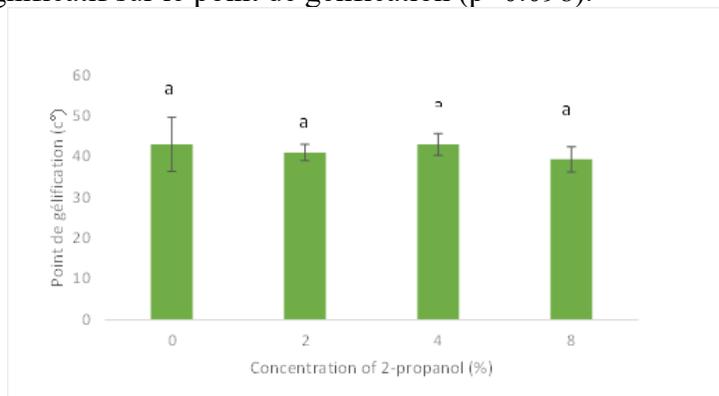
La force de gel maximale ( $183,33 \pm 47,7 \text{ g.cm}^{-2}$ ) a été obtenue en utilisant le 2-propanol à une concentration de 8 % (Figure 8). En revanche, la valeur minimale a été enregistrée en faisant l'extraction sans alcool, soit  $95 \pm 3,33 \text{ g.cm}^{-2}$ . L'analyse de la variance a montré qu'il existe un effet significatif de la concentration en alcool sur la force de gel ( $p=0.015$ ).



**Figure 8 :** Variation de la force de gel de l'agar-agar de *Gracilaria gracilis* (Les lettres différentes indiquent qu'il y a une différence significative entre les moyennes à un seuil de 5%)

### Point de gélification

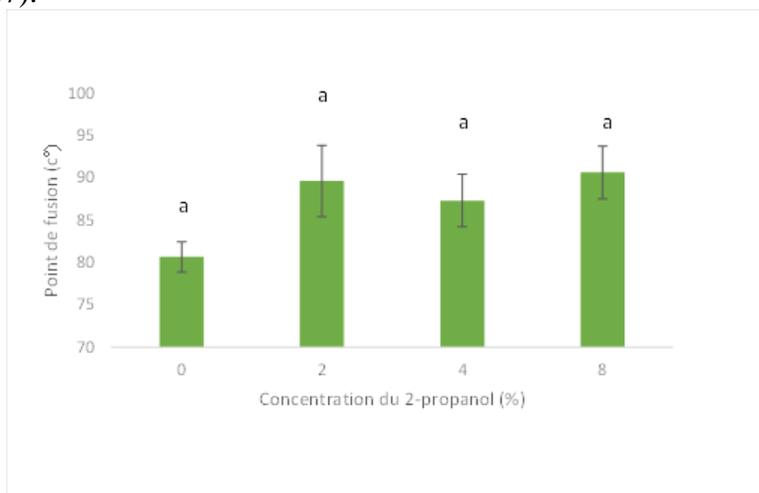
La température maximale de gélification a été observée chez les échantillons d'agar issus de l'extraction sans d'alcool ( $43 \pm 2.22 \text{ °C}$ ), tandis que la température minimale de gélification a été observée chez les échantillons d'agar obtenus avec une concentration d'alcool de 8 % ( $39.33 \pm 1.33 \text{ °C}$ ). L'analyse statistique a montré que la concentration en alcool n'a pas d'effet significatif sur le point de gélification ( $p=0.098$ ).



**Figure 9 :** Variation du point de gélification de l'agar-agar de *Gracilaria gracilis* (Les lettres différentes indiquent qu'il y a une différence significative entre les moyennes à un seuil de 5%)

### ***Point de fusion***

La température de fusion maximale ( $90.66 \pm 6.22$  °C) a été observée chez les échantillons extraits avec l'alcool à 8%. En revanche, la température minimale de fusion ( $80.66 \pm 2.66$  °C) a été enregistrée chez les échantillons extraits sans alcool (Figure 10). L'analyse de la variance a montré qu'il n'existe pas d'effet significatif de la concentration d'alcool sur la température de fusion d'agar-agar extrait ( $p = 0.336$ ). Par ailleurs, nous avons mis en évidence une corrélation positive entre la force de gel et le point de fusion ( $r = + 0,587$ ).



**Figure 10 :** Variation du point de fusion de l'agar-agar de *Gracilaria gracilis* (Les lettres différentes indiquent qu'il y a une différence significative entre les moyennes à un seuil de 5%)

### **Discussion**

En ce qui concerne la culture *G.gracilis* au laboratoire, les résultats ont montré que la croissance pondérale maximale a été enregistrée sous la photopériode 16 : 8 et l'intensité 1500 Lux. Ainsi, le poids est passé d'environ 1g à  $4,55 \pm 1,20$  g, après 10 semaines de culture. Le TCJ optimal a été enregistré sous les mêmes conditions ( $2,81 \pm 0.12\% j^{-1}$ ). Cette augmentation assez lente du poids peut être expliquée par l'adaptation progressive des algues face aux nouvelles conditions de culture, vu qu'elles ont déjà vécu pendant un certain temps dans le milieu naturel où régnaient plusieurs facteurs environnementaux, tels que la température, la salinité, l'oxygène dissous, le pH et la lumière. Cette dernière a évidemment des aspects différents de ceux liés à la lumière artificielle fournie par les tubes néon, aussi bien de point de vue intensité lumineuse que de point de vue spectral. Par conséquent, il a fallu attendre quelques semaines pour que les petites boutures ont pu reprendre leur croissance, après le sectionnement et la fragmentation de leurs thalles mères. Ceci traduit aussi, en particulier l'exigence de l'algue en lumière de point de

vue intensité et photopériode. Dans ce cadre, c'est l'intensité la plus forte et la durée d'éclairement la plus longue (à l'instar de la photopériode naturelle pendant cette période de culture, qui est de l'ordre de 14 à 16 h de jour contre 8 à 10 h d'obscurité) qui ont induit la meilleure croissance des boutures cultivées au laboratoire, comme il a été mentionné ci-dessus. Après leur transfert vers le milieu naturel, les petites plantules ont manifesté une croissance très rapide. Cette croissance peut être expliquée par la présence dans le milieu naturel (la lagune de Bizerte) de quantités importantes des nutriments, en particulier l'azote et le phosphore, sous différentes formes, de telle façon qu'ils ne constituent pas des facteurs limitants pour les algues cultivées. En plus, l'élévation relative de la température pendant cette période (printemps – été), l'agitation de l'eau, ainsi que la disponibilité de la lumière, sont considérés comme des facteurs importants pour la croissance et le développement des algues (Lobban et Harison, 1997 ; Hurd et al. 2014). Il est important de signaler que les résultats obtenus dans cette étude concernant le TCJ sont supérieurs à ceux enregistrés par Mensi et al. (2009) et Ben Said et al. (2018). En effet, ces auteurs ont utilisé des poids initiaux des touffes de *Gracilaira*, supérieurs au poids initial testé dans ce travail. Ils ont varié entre 5 et 200 g, selon les différentes expérimentations effectuées. Au cours de ces travaux, il est également important de signaler que les touffes d'algues n'ont, auparavant, pas été cultivées au laboratoire, mais elles ont été mises directement en culture dans le milieu naturel après leur collecte. Ceci montre bien que la culture de *Gracilaria* avec des boutures ayant un faible poids initial entraîne une croissance très rapide des algues, notamment pendant les premiers jours de culture.

Concernant l'extraction de l'agar-agar, les résultats ont permis de montrer que le rendement a varié entre 14 et 15 % du poids sec. Les valeurs optimales ont été obtenues avec une concentration en alcool de 4 %. Concernant la force de gel, la valeur maximale a été obtenue en faisant l'extraction avec l'alcool à 8 %. Les résultats obtenus concernant le rendement et la force de gel sont inférieurs à ceux obtenus par Ben Said et al. (1999). Cela peut être dû à différents facteurs, tels que l'origine des algues et la période de la collecte qui a été faite au cours de ce travail entre juin et juillet. Le rendement maximal obtenu par Ben Said et al. (1999) a été enregistré en avril ( $37.92 \pm 4.89$  %). Ensuite, il a diminué pendant les mois suivants, avec une valeur de  $19,89 \pm 5,82$  % en juillet. En ce qui concerne la force de gel, la valeur maximale a été obtenue en mai ( $410 \text{ g.cm}^{-2}$ ), puis cette valeur a diminué durant les mois d'après, avec une valeur de  $240 \text{ g.cm}^{-2}$  en juillet. Les valeurs maximales du point de gélification ont été obtenues chez les échantillons non traités avec l'alcool. Pour les points de gélification et de fusion, les résultats enregistrés par Ben Said et al. (1999) ont été variables selon les saisons. Ceci montre bien l'influence de différents facteurs, aussi bien sur la croissance de

*G. gracilis* que sur le rendement de l'agar et sa qualité. Dans ce cadre, Rebello et al. (1996) rapportent que *G. gracilis* présente de hautes valeurs de rendement d'extraction d'agar et de force de gel, notamment au printemps et au début de l'été. Ceci est en conformité avec les résultats de Martin et al. (2013). Ce phénomène est lié essentiellement aux facteurs hydro-biologiques, tels que la température, la salinité, l'oxygène dissous, le pH, les sels minéraux, l'agitation de l'eau, etc. Tous ces facteurs peuvent changer, évidemment d'une année à l'autre et d'une saison à l'autre. Par ailleurs, la transparence de l'eau et la disponibilité de la lumière pour les algues cultivées ont une influence très nette sur leur développement et la synthèse de plusieurs molécules. Cette synthèse est, tantôt le résultat d'une action synergique entre différents facteurs physico-chimiques, tantôt sous l'effet inhibiteur de quelques facteurs vis-à-vis d'autres (Ben Said et al. 2018). Ceci a également été observé par plusieurs auteurs (Freile-Pelegrin, 1996, Arano et al. 2000) qui ont montré que plusieurs algues appartenant au genre *Gracilaria* présentent une force de gel élevée de l'agar extrait chez les plantes cultivées sous une faible lumière, avec un enrichissement élevé en azote. Toutefois, ce résultat est en contradiction avec d'autres résultats rapportés par Bird et Ryther (1990), Penniman et Mathieson (1985). Ces résultats controversés peuvent être expliqués par les différences des zones géographiques où les algues ont été étudiées. En plus, les différences des conditions expérimentales de conservation des échantillons, de traitement et d'extraction des phycocolloïdes ont une influence indiscutable sur les résultats escomptés.

## Conclusion

En conclusion, on peut dire que la culture de *Gracillaria gracilis* représente une voie de valorisation pour cette espèce d'algues rouges vivant dans la lagune de Bizerte (Tunisie), en vue d'augmenter les biomasses dans ce plan d'eau. Cette augmentation à travers la culture des boutures au laboratoire dans une première phase, permettrait d'obtenir de petites touffes transplantables vers le milieu naturel. Cette expérimentation est, à notre modeste connaissance, la première en Tunisie à être réalisée, comme il a été mentionné plus haut. Elle permettrait d'ouvrir l'horizon à la culture de l'espèce à grande échelle, tout en préservant au maximum les stocks d'algues sauvages et en parallèle la durabilité de l'activité d'algoculture qui a démarré en Tunisie, il y a quelques années dans la lagune de Bizerte. En effet, le transfert du savoir-faire acquis au cours de cette expérimentation permettrait à la société d'algoculture implantée actuellement dans la lagune de Bizerte et à d'autres investisseurs potentiels, l'intensification de la culture des petites boutures dans les conditions optimales confirmées dans cette expérience, avant leur transplantation dans la lagune. Par conséquent, l'obtention de biomasses algales appréciables issues de culture pourraient dépasser très

largement les algues sauvages, ce qui permettrait l'extraction des phycolloïdes (agar-agar) à l'échelle industrielle. En plus, cette activité peut aider à limiter les importations tunisiennes en agar-agar, dans une première étape et exporter ce produit vers d'autres pays, dans une deuxième étape. En outre, l'algoculture à grande échelle permettrait l'extraction d'autres produits d'intérêt tels que les pigments, en particulier la R-phyco-érythrine et d'autres métabolites secondaires qui sont utilisés dans différents domaines. Toutes ces activités permettraient de créer plusieurs postes d'emploi à différents niveaux et par conséquent une dynamique économique durable et un échange à l'échelle internationale, à l'instar de plusieurs autres pays tels que la Chine, l'Indonésie, la Malaisie, etc.

**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. Ammar, EE., Aioub, AAA, Elesawy, AE, Karkour, AM, Mouhamed, MS, Amer, AA et Elshershaby, NA. (2022). Algae as bio-fertilizers : between current situation and future prospective. *Saudi Journal of Biological Sciences*, (29), 3083-3096.
2. Arano, KG, Trono, Jr GC, Montano, NE, Hurtado, AQ et Villanueva, RD. (2000). Growth, agar yield and quality of selected agarophyte & species from Philippines. *Bot Mar*, (3), 517-524.
3. Ben Said, R. (1994). Culture du phytoplancton en petits volumes. *Bull. INSTOP*, 21 :30-40.
4. Ben Said, R et Ksouri, J. (1999). La rhodophycée *Gracilaria verrucosa* du lac de Bizerte (Tunisie) : Variations mensuelles de la biomasse, du rendement d'extraction et de la qualité de l'agar. *Bull. INSTM*, (26),127-136.
5. Ben Said, R., Romdhane, MS, El Abed, A et M'rabet, R. (2011). Temporal variation of some biometric parameters, agar-agar and quality of *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva (Rhodophyta, Rhodophyceae, Gelidiales) from Monastir coasts (Tunisia). *Cahiers de Biologie Marine*, 52(1),71-78.
1. 6. Ben Said, R., Mensi, F, Majdoub, H, Ben Said, A, Ben Said, B et Bouraoui A. (2018). Effects of depth and initial fragment weights of

- Gracilaria gracilis* on the growth, agar yield, quality and biochemical composition. *Journal of Applied Phycology*, 30 (4), 2499-2512.
6. Bird, KT et Ryther, JH. (1990). Cultivation of *Gracilaria verrucosa* (Gracilariales, Rhodophyta) Strain G-16 for agar. *Hydrobiologia*, (204/205), 347-351.
  7. Boulot, A. (1985). La phyco-culture : techniques, intérêts, perspectives. Doctorat d'Etat de pharmacie. Université de Caen. France.178p.
  8. D.G.P.A. (Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture (Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche, Tunisie) (2020). Statistiques de la pêche.
  9. F.A.O. (2022). The state of world fisheries and aquaculture. Towards blue transformation. Rome. 236 p.
  10. Freile-Pelegri, Y., Robledo, D et Armisen, R. (1996). Seasonal changes in agar characteristics of two populations of *Pterocladia capillacea* in Gran Canaria, Spain. *J Appl Phycol*, ( 8)239-246.
  11. Gonzalez-Leija, JA., Hernandez-Garibay, E, Pacheco-Ruiz, I, Gardado-Puentes, J, Apinoza-Arolos, J, Lopez-Vivas, JM et Batista-Alcantar, J. (2009). Optimization of the yield and quality of agar from *Gracilariopsis lemaeiformis* ( Gracilariales ) from the Gulf of California using an alkaline treatment. *J. Appl. Phycol*, (21), 321-326.
  12. Hurd, CL, Harisson, PJ, Bischof, K et Lobban, CS. (2014). Seaweed Ecology and Physiology. Second edition ; Cambridge University Press, 551p.
  13. Khan, N., Sudhakar, K et Mamat, R. (2024). Macro algae farming for sustainable future : navigating opportunities and driving innovation. *Heliyon*, 10(7). <http://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.E28208>.
  14. Ksouri, J., Ben Said, R et Pellegrini, M. (1999). Résultats des cultures expérimentales de la rhodophycée *Gracilaria verrucosa* dans le lac de Bizerte. Tunisie Septentrionale. *Bull. INSTM*, (26),113-125.
  15. Ksouri, J., Mensi, F et Ben Said, R. (2000). Ajustement de certains paramètres de culture par bouturage de *Gracilaria verrucosa* (algue rouge), dans le lac de Bizerte. *Bull. INSTM*, (27), 69-74.
  16. Ktari, L. et Langar, H. (2004). Mise en place d'une base de données informatisée sur les macro algues de Tunisie. *Bull. INSTM*, (31),107-111.
  17. Lobban, CS et Harison, PJ. (1997). Seaweed Ecology and Physiology. Cambridge University Press, 366p.
  18. Marino, M., Breckwoldt, A, Teichberg, M, Kase, A et Ruter, H. (2019). Livelihood aspects of seaweed farming in Rote Island, Indonesia. *Marine Policy*. 107(2019), 103600.
  19. Martin, LA., Rodriguez, MC., Matulewicz, MC, Fissore, EN., Gerschenson, LN et Leonardi, PI. (2013). Seasonal variation in agar

- composition and properties from *Gracilaria gracilis* (Gracilariales, Rhodophyta) of the Patgonian coast of Argentina. *Phycol Res*, (61),163-171.
20. Mensi, F., Ksouri, J, Hammami, W et Romdhane, MS. (2009). L'algue rouge *Gracilaria verrucosa* (Hudson) papenfuss de la lagune de Bizerte (Tunisie septentrionale) : Essai de culture en mode suspendu et composition biochimique. *Bull. INSTM*, (36), 125-137.
  21. Mensi, F., Nasraoui, S, Bougerra, S, Ben Ghedifa, A et Chalhaf, M. (2020). Effect of lagoon and sea water depth on *Gracilaria gracilis* growth and biochemical composition in the Northeast of Tunisia. *Scientific Reports*, (10), 10014.
  22. Munoz, J., Freile-Pelegrin, Y et Robledo, D. (2004). Mariculture of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) color strains in tropical waters of Yucatan, Mexico. *Aquaculture*, (239), 161-177.
  23. Nieri, M.et Meinesz, A. (1991). Réimplantation de la phanérogame *Posidonia oceanica* dans le golfe de Marseille (Bouches-du-Rhône. Transplantation et état initial. *SOMICA et GIS Posidonie pub.*, Marseille, Fr., 1-35.
  24. Penniman, CA.et Mathieson, AC. (1985). Photosynthesis in *Gracilaria tickvahiae* Mc Lachlan (Gigartinales, Rhodophyta) from the Great Bay Estuary, New Hampshire. *Bot Mar*. (28),427-435.
  25. Rebello, J., Ohnon, M, Critchley, AT et Sawamura, M. (1996). Growth rates and agar quality of *Gracilaria gracilis* (Stackhouse) Steentoft from Namibia, Southern Africa. *Bot Mar*, (39),273-279.
  26. Rebours, C., Marinho-Soriano, E, Zertuche-Gonzalez, JA., Ayashi, L, Vasquez, JA., Kradolfer, P, Soriano, G, Ugarte R, Abreu, MH, Bay-Larsen, I, Hovelsrud, G, Rodven, R et Robledo, D. (2014). Seaweeds: an opportunity for wealth and sustainable livelihood for coastal communities. *J Appl. Phycol*, (26), 1939-1951.
  27. Trougan, M., Gilante, H et Juillet, E. (2021). Restauration de ceintures de cystoseires ( *Cystoseira mediterranea* et *Cystoseira barbata*) par transplantation. Centre de ressources. Génie écologique. [www.genieecologique.fr](http://www.genieecologique.fr)
  28. Veeragurunathan, V., Prasad K, Malarvishi, J, Singh, N, Meena, R et Mantri, V.A. (2019). *Gracilaria debilis* cultivation, agar characterization and economics: bringin new species in the ambit of commercial farming in India. *J. Appl. Phycol*, (31),2609-2621.

## **Enquête Ethnobotanique des Plantes Médicinales Utilisées dans le Traitement des Symptômes de la COVID-19 en Côte d'Ivoire**

***Yao Kouamé Barthélémy***

***Diabagate Amadou***

Doctorant, Laboratoire d'Agrovalorisation, Département de Biochimie-Microbiologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire. Programme National de Promotion de la Médecine Traditionnelle (PNPMT), Ministère de la Santé, de l'Hygiène Publique et de la Couverture Maladie Universelle de Côte d'Ivoire

***Kroa Ehoulé***

Chargé de recherche, Médecin, Directeur coordonnateur du Programme National de Promotion de la Médecine Traditionnelle (PNPMT), Ministère de la Santé, de l'Hygiène Publique et de la Couverture Maladie Universelle de Côte d'Ivoire

***Coulibaly Bakary***

Maître de Conférences, Enseignant-Chercheur, Laboratoire d'Agrovalorisation, Département de Biochimie-Microbiologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

***Konate Ibrahim***

Professeur Titulaire, Enseignant-Chercheur, Laboratoire d'Agrovalorisation, Département de Biochimie-Microbiologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p192](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p192)

Submitted: 06 September 2024

Accepted: 22 December 2024

Published: 31 December 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Yao K.B., Diabagate A., Kroa E., Bakary C. & Konate I. (2024). *Enquête Ethnobotanique des Plantes Médicinales Utilisées dans le Traitement des Symptômes de la COVID-19 en Côte d'Ivoire*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 192.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p192>

### **Résumé**

La COVID-19 est une maladie infectieuse qui a posé un problème de santé publique à l'échelle mondiale. Face à cette pandémie, les praticiens de médecine traditionnelle de Côte d'Ivoire ont fait usage de plusieurs plantes

médicinales pour la prise en charge des symptômes liés à la pathologie. La présente étude, fruit d'enquête ethnobotanique menée à l'aide de questionnaires, pendant la période de crise mondiale de COVID-19, fait cas des formules et recettes à base de plantes médicinales utilisées pour la prise en charge de cette pathologie en Côte d'Ivoire. Ainsi, les résultats obtenus font cas de 57 espèces de plantes inventoriées dont les plus citées sont *A. cordifolia* 11%, *Z. officinale* 10%, *O. gratissimum* 8 % et *A. boonei* 6 % qui appartiennent à 4 familles floristiques différentes respectivement : les Euphorbiaceae, Zingiberaceae, Lamiaceae et Apocynaceae. Les relations existantes entre les espèces de plantes médicinales citées et les signes de la maladie montrent que la plupart de ces espèces recensées pourraient intervenir dans la prise en charge des symptômes de la COVID-19. Les feuilles sont les organes les plus utilisés. Leurs Modes de préparation est la décoction et la principale voie d'administration est la voie orale. Ainsi, les résultats de ce travail constituent une source d'informations pouvant servir de base de données pour des études pharmacologiques visant à formuler des médicaments traditionnels améliorés dans la prise en charge des symptômes de la maladie à COVID-19.

---

**Mots-clés:** Enquête ethnobotanique, Plantes médicinales, COVID-19, Pharmacopée Ivoirienne

---

## **Ethnobotanical Survey of Medicinal Plants Used in the Treatment of COVID-19 Symptoms in Côte d'Ivoire**

***Yao Kouamé Barthélémy***

***Diabagate Amadou***

Doctorant, Laboratoire d'Agrovalorisation, Département de Biochimie-Microbiologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire. Programme National de Promotion de la Médecine Traditionnelle (PNPMT), Ministère de la Santé, de l'Hygiène Publique et de la Couverture Maladie Universelle de Côte d'Ivoire

***Kroa Ehoulé***

Chargé de recherche, Médecin, Directeur coordonnateur du Programme National de Promotion de la Médecine Traditionnelle (PNPMT), Ministère de la Santé, de l'Hygiène Publique et de la Couverture Maladie Universelle de Côte d'Ivoire

***Coulibaly Bakary***

Maître de Conférences, Enseignant-Chercheur, Laboratoire d'Agrovalorisation, Département de Biochimie-Microbiologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

***Konate Ibrahim***

Professeur Titulaire, Enseignant-Chercheur, Laboratoire d'Agrovalorisation, Département de Biochimie-Microbiologie, UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

COVID-19 is an infectious disease that has posed a global public health problem. Faced with this pandemic, traditional medicine practitioners in Côte d'Ivoire have used several medicinal plants to treat symptoms linked to the pathology. The present study, the result of an ethnobotanical survey carried out using questionnaires, during the period of the global COVID-19 crisis, takes into account the formulas and recipes based on medicinal plants used for the management of this pathology in Côte d'Ivoire. Thus, the results obtained cover 57 species of plants inventoried, the most cited of which are *Alchornea cordifolia* 11%, *Zingiber officinale* 10%, *Ocimum gratissimum* 8% and *Alstonia boonei* 6% which belong to 4 different floristic families respectively: Euphorbiaceae, Zingiberaceae, Lamiaceae, and Apocynaceae. The existing relationships between medicinal plant species cited and signs of the disease show that most of these listed species could be involved in the management of COVID-19 symptoms. The leaves are the most used organs. Their methods of preparation are decoctions and the main route of administration is oral. So, the results of this work constitute a source of

information that can serve as a database for pharmacological studies aimed at formulating improved traditional drugs in the management of symptoms of COVID-19 disease.

---

**Keywords:** Ethnobotanical survey, Medicinal plants, COVID-19, Traditional medicine practitioners, Ivorian Pharmacopoeia

## Introduction

Parmi les maladies « émergentes et nouvelles » figurent la maladie à COVID-19 (Raoult *et al.*, 2020). La COVID-19 se manifeste par une grippe qui se traduit chez l'être humain par un ensemble de signes non spécifiques associant la fièvre, les céphalées, la toux, la pharyngite, les myalgies, l'asthénie et l'anorexie (OMS, 2020). La transmission interhumaine de cette grippe est essentiellement respiratoire, via des gouttelettes riches en virus provenant de la toux et des éternuements des sujets infectés.

La pandémie de Covid-19 a fait trembler le monde entier. Elle a touché plus de 180 pays. Au 29 juin 2020, 10 145 791 cas ont été confirmés et 501 893 décès ont été enregistrés, selon les données compilées par l'Université Johns Hopkins. Partout, les frontières se sont verrouillées, les services médicaux ont été dépassés. Des milliards de personnes ont été confinées. Du fait de la contraction brutale de l'offre et de la demande, toutes les économies plongent (Lumarque, 2020).

De ce fait, cette maladie a instauré auprès de la communauté scientifique et de la population une psychose liée à sa propagation rapide, son mode de contagion, l'absence de traitements curatifs et préventifs efficaces (Tachema *et al.*, 2020). Face à cette situation, des efforts ont été faits au niveau scientifique pour trouver des solutions en vue d'endiguer la progression de cette pandémie et préserver la santé des populations (OMS, 2020). La Côte d'Ivoire ayant enregistré le premier cas de COVID-19 en Mars 2020, a suscité la mise en place d'un comité de crise chargé de créer un plan d'urgence de riposte impliquant toutes les forces vives de la nation y compris les praticiens de la médecine traditionnelle (PMT) et les chercheurs du domaine de la médecine traditionnelle. Le motif de l'implication des PMT dans la lutte fait que la médecine traditionnelle est présentée comme une alternative.

Les plantes médicinales sont utilisées en médecine traditionnelle depuis plusieurs milliers d'années pour guérir les maladies (Baird, 2004 ; Odugbemi *et al.*, 2007). L'utilisation des plantes médicinales ou des préparations à base des plantes connaît toujours un succès croissant (OMS, 2003 ; OMS, 2012). Cela est illustré par cette citation d'Hippocrate qui date du IV<sup>ème</sup> siècle avant J.C : « la nature est la médecine des malades ». Ainsi, presque tous les produits utilisés par les hommes pour soulager leurs maux ont trouvé leur origine dans le végétal (Aqaron, 2005). Malgré l'évolution de la médecine moderne, la

médecine traditionnelle constitue encore le mode principal de prestation de soins de santé primaire dans les pays à faibles revenus (Said, 1984).

Les plantes médicinales constituent des ressources précieuses pour la grande majorité des populations rurales, où plus de 80% de cette population s'en sert pour assurer les soins de santé (Guedje *et al.*, 2013). En Côte d'Ivoire, 80 à 91% de la population a recours à la médecine traditionnelle pour ses soins de santé primaire (Coulibaly, 2007). En milieu rural, elle constitue le moyen le plus utilisé pour résoudre les problèmes de santé publique (OMS, 2002 ; OMS, 2003). De ce fait, les plantes médicinales sont toujours en cours d'investigation pour vérifier leur efficacité thérapeutique sur les maladies dites « émergentes et nouvelles » (Abdollahi *et al.*, 2003).

Au vu des incidences créées par la COVID-19 et de l'utilisation des plantes médicinales par les PMT et les populations, il est donc apparu primordial de réaliser des études ethnobotaniques, phytochimiques et pharmacologiques pour valider les vertus thérapeutiques accordées aux plantes médicinales utilisées par ceux-ci.

Notre étude porte sur une enquête ethnobotanique visant à constituer une base d'informations précieuse pour des recherches pharmacologiques ultérieures. Ces données pourront servir de fondement à la formulation de médicaments traditionnels améliorés pour la prise en charge des symptômes de la COVID-19 en Côte d'Ivoire.

## **Matériel et Méthodes**

### **Matériel**

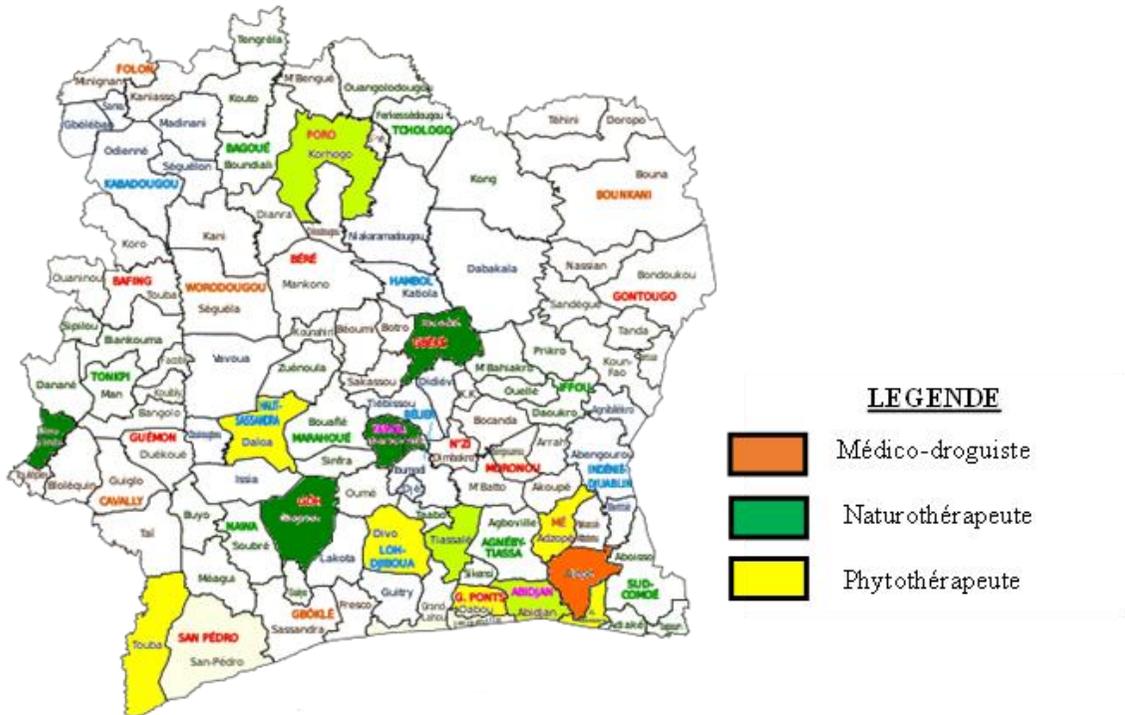
Le matériel et les outils utilisés pour cette étude sont composés : d'une fiche d'enquête, de stylo, de blocs-notes, de dictaphone, d'un appareil photo, d'un ordinateur et de bac à collection pour produits et plantes médicinales.

### **Méthodes**

#### **Présentation du cadre de l'étude**

L'étude a eu pour champ géographique le siège du Programme National de Promotion de la Médecine Traditionnelle (PNPMT) situé dans la commune du Plateau à Abidjan, Côte d'Ivoire.

En effet, le PNPMT a sollicité les Praticiens de la médecine traditionnelle de différentes spécialités afin d'apporter leur contribution à la recherche de remèdes efficaces pour lutter contre les symptômes de la COVID-19 par leur savoir-faire et leurs connaissances ancestrales (Figure 1).



**Figure 1 :** Régions de la Côte d'Ivoire regroupant les différentes spécialités des praticiens de médecine traditionnelle (Programme National de Promotion de la Médecine Traditionnelle, 2019)

### Population d'étude et critères d'inclusion

Un premier entretien a été effectué auprès des praticiens afin de leur donner une explication succincte des objectifs de l'étude et préciser les critères d'inclusion qui sont:

- les plantes médicinales ayant des propriétés dans la prise en charge des symptômes similaires de la COVID-19 ;
- les remèdes ayant des vertus thérapeutiques contre les symptômes liés à la maladie.

Par ailleurs, sont exclus les personnes qui ont refusé de se soumettre au protocole préalablement défini.

Le questionnaire d'enquête élaboré était axé sur cinq (5) principaux points qui sont :

- i. l'identité de l'enquêté: nom, prénoms, âge et sexe ;
- ii. la source du savoir,
- iii. la spécialité du PMT,
- iv. les symptômes de la COVID-19,

- v. les plantes et les parties utilisées pour le traitement, le nom de la plante en langue locale, le mode de préparation de recettes et la voie d'administration.

Après les interviews avec les PMT, les échantillons de plantes ont été réceptionnés à la Direction du PNPMT en vue de l'identification botanique.

### **Taille de la population et période de l'étude**

Cinquante-huit (58) personnes exerçants dans la médecine traditionnelle ont été interrogées à l'aide d'une fiche d'enquête préalablement élaborée. Cette série de collecte de données s'est déroulé du 12 avril 2020 au 30 juillet 2020.

### **Identification botanique**

L'identification botanique des différentes plantes a été effectuée en août 2020 au PNPMT et au Centre National de Floristique (CNF) de l'Université Felix Houphouët-Boigny d'Abidjan-Cocody.

### **Calcul des Fréquences de Citations**

La fréquence de citation de chacune des plantes recensées a été obtenue par la formule décrite par Gbekley *et al.* (2015) et Orsot (2016). La Fréquence de Citation (FC) d'une espèce = (nombre de citation de l'espèce/le nombre totale de citation de toutes les espèces) x (100).

$$FC = \frac{n}{N} \times 100$$

*FC* : La fréquence de citation

*n* : nombre de personnes ayant cité l'espèce

*N* : nombre total de personnes interrogées

### **Valeur d'importance (VI) des plantes médicinales**

La valeur d'importance ou l'indice qui permet de connaître dans un ensemble de plantes, les plus importantes et les plus sollicitées dans plusieurs domaines est obtenue selon la formule suivante :

$VI = [vi / \sum vi] \times 100$  où VI est la valeur d'importance ;

vi est le nombre d'usages différents

$\sum vi$  est la somme des usages différents.

Plus la valeur d'importance est élevée, plus l'espèce est importante.

Seules les plantes médicinales ayant une valeur d'importance (VI) élevée ont été considérées comme plus significatives (Badjaré *et al.*, 2018 ; Kemassi *et al.*, 2019).

### Traitement des données

Les données recueillies ont été analysées statistiquement et traitées par les logiciels EXCEL et GraphPad-Prism version 5.01 (GraphPad Software, Inc).

### Résultats

L'enquête ethnobotanique a été réalisée auprès de 58 praticiens de la médecine traditionnelle (PMT) connus du fichier du PNPM dans le cadre de la mobilisation internationale de toutes les ressources humaines pour freiner la propagation de la maladie du COVID-19.

### Répartition des PMT enquêtés selon les caractéristiques sociodémographiques

La majorité des praticiens (88%) étaient des personnes de plus de 50 ans, de sexe masculin et ayant des connaissances en médecine traditionnelle.

Sur l'ensemble des PMT, 53 % ont un niveau d'étude primaire, 24 % ont un niveau d'étude secondaire et 22 % ont le niveau d'étude universitaire.

Quant au mode d'acquisition du savoir, la majorité (50 %) des PMT ont affirmé avoir hérité leurs connaissances du milieu familial tandis que 2 % ont reçu la connaissance par apprentissage auprès d'un maître traditionnel (Tableau I).

**Tableau 1 :** Pourcentage des PMT selon les caractéristiques sociodémographiques

Caractéristiques	Nombre	Pourcentage %
Sexe		
F	7	12 %
M	51	88 %
Total	58	100 %
Niveau d'étude		
Primaire	31	53 %
Secondaire	14	24 %
Universitaire	13	22 %
Tranche d'âge (année)		
[38-48[	12	21,05 %
[49-59[	12	21,05 %
[60-70[	19	33,33 %
[71-81[	15	24,56 %
Total	58	100 %
Mode d'acquisition du savoir		
Apprentissage	1	2 %
Expérience de maladies	5	9 %
Famille	29	50 %

Famille et formation	3	5 %
Formation	7	12 %
Formation auprès d'un maître	1	2 %
Révélation	12	21 %
Total	58	100 %

### Répartition des PMT selon leur spécialité

Trois spécialités sont notées au cours de cette enquête dans lesquelles interviennent les PMT. Il s'agit des Médico-droguistes, des Naturothérapeutes et des Phytothérapeutes.

Ainsi, il ressort que 69 % de ces PMT sont des naturothérapeutes suivis des phytothérapeutes (29%) et médico droguistes (2%) (Tableau II).

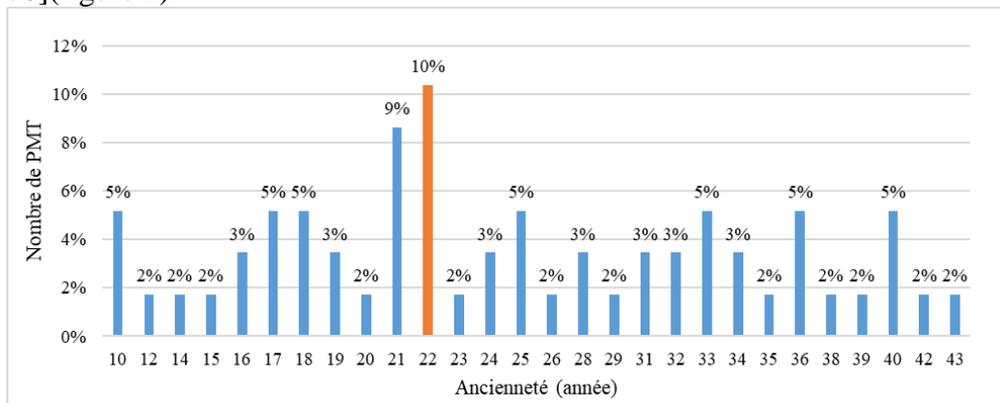
**Tableau II :** Pourcentage des praticiens de médecine traditionnelle selon leur spécialité

SPECIALITE	NOMBRE	POURCENTAGE %
Médico-droguiste	1	2 %
Naturothérapeute	40	69 %
Phytothérapeute	17	29 %
Total	58	100 %

### Répartition de PMT selon l'ancienneté

La durée d'exercice des PMT interrogés varie de 10 à 43 ans. 10 % des PMT ont une durée d'exercice de 22 ans.

La plupart des PMT de notre étude bénéficie de ce nombre d'année d'ancienneté dans la profession de praticien de médecine traditionnelle. Une grande frange de PMT soit 33, 33% ont une tranche d'âge comprise entre [60-70](figure 2).



**Figure 2:** Pourcentage des PMT selon l'ancienneté dans l'activité de la médecine traditionnelle

### Symptômes similaires de la COVID-19 traités

La grippe et les fièvres, représentant respectivement 58 % et 42 % de tous les symptômes COVID-19 traités. Ce sont les symptômes majeurs décrits

par les PMT interrogés (Tableau III). D'autres symptômes confondus aux affections cardiovasculaires et la perte de voix sont cités par les PMT avec une fréquence de 19 %. Certains signes généraux relatifs à la manifestation de la maladie à COVID 19 dans tout l'organisme ont également été cités par les PMT.

**Tableau III : Pourcentage des symptômes similaires de la COVID-19 traités**

Pathologies et signes traités	Nombre	Pourcentage %
Affections cardiovasculaires	13	19 %
Affections respiratoires	1	1 %
Diarrhée	9	13 %
Douleurs	8	12 %
Douleurs abdominales	1	1 %
Fatigue	2	3 %
Fièvre	29	42 %
Fièvre, fortifiant	1	1 %
Grippe	40	58 %
Maladies cardiovasculaires	1	1 %
Maladies virales	1	1 %
Paludisme	11	16 %
Perte de voix	13	19 %
Sinusite	1	1 %
Toux, mal de tête	1	1 %
Troubles respiratoires	1	1 %
<b>TOTAL</b>	<b>69</b>	<b>100 %</b>

### **Plantes utilisées selon les signes de la COVID-19 par les PMT**

La pratique de la médecine traditionnelle nécessite une connaissance des plantes médicinales, notamment les parties des plantes utilisées, les modes de préparation, les voies d'administration et les maladies traitées. Les plantes citées par les praticiens de la médecine traditionnelle ainsi que leurs modes d'utilisation sont notées dans le Tableau IV ci-dessous.

**Tableau IV : Liste des plantes et leurs modes d'emploi dans le traitement des symptômes de la COVID-19**

Noms scientifiques	Numéro herbier (CNF - UFHB)	Noms vernaculaires	Fréquence de citation %	Maladies et signes traités	Voie d'administration	Parties utilisées	Mode de préparation
<i>Adansonia digitata</i> L. <i>Bombacaceae</i>	UCJ001840	Baobab (français)	1 %	Diarrhée	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Ageratum conyzoides</i> L. <i>Asteraceae</i>	UCJ003416	Rois des Herbes (français)	1 %	Fièvre	Anale	Feuilles	Décoction
<i>Alchornea cordifolia</i> Mull. Arg ( <i>Euphorbiaceae</i> )	UCJ005716	Djêka (Baoulé)	11 %	Perte de voix	Orale	Ecorces	Décoction
<i>Aloe vera</i> (L.) ( <i>Aloaceae</i> )	UCJ011326	Aloès (français)	1 %	Affections cardiovasculaires	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Alstonia boonei</i> ( <i>Apocynaceae</i> )	UCJ001561	Emien (Baoulé)	6 %	Fièvre	Orale	Ecorces	Décoction
<i>Alternanthera pungens</i> Kunth ( <i>Amaranthaceae</i> )	UCJ000597	Koto Blamien	1 %	Renforcement du système immunitaire	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Ananas comosus</i> ( <i>Bromeliaceae</i> )	UCJ001766	Ananas (français)	1 %	Maladies virales	Orale	Feuilles	Infusion
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss ( <i>Meliaceae</i> )	UCJ012268	Neem (français)	2 %	Fièvre	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Bridelia ferruginea</i>	UCJ005790	Sea (Baoulé)	1 %	Perte de voix	Nasale	Ecorces	Décoction
<i>Calotropis procera</i> (Aiton) <i>Apocynaceae</i>	UCJ002514	Pommier de Sodome (Français)	1 %	Fièvre	Bain	Feuilles	Macération
<i>Carica papaya</i> L. ( <i>Caricaceae</i> )	UCJ00267	Papayer (français)	1 %	Fièvre	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Cassia nilotica</i> (L.)	UCJ009576	Nep nep (sénoufo)	1 %	Diarrhée	Orale	Fruits	Décoction
<i>Cassia sieberiana</i> DC. <i>Fabaceae</i>	UCJ009203	Sin djan (Sénoufo)	1 %	Douleurs abdominales	Orale	Feuilles	Infusion
<i>Chclospermum planchonii</i> ,	UCJ002861	Blo djessé (Baoulé)	1 %	Renforcement du système immunitaire	Orale	Racines	Décoction
<i>Chromolaena odorata</i> (L.)	UCJ003622	Sekou touré	1 %	Diarrhée	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Citrus aurantifolia</i>	UCJ016110	Citronnier (français)	4 %	Fatigue	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Curcuma longa</i> L. <i>Zingiberaceae</i>	UCJ017726	Curcuma (français)	1 %	Renforcement du système immunitaire	Orale	Rhizomes	Décoction
<i>Cymbopogon citratus</i>	UCJ007005	Citronnelle (français)	1 %	Grippe	Orale	Feuilles	Infusion
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill. ( <i>Myrtaceae</i> )	-	Eucalyptus (français)	2 %	Grippe	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Ficus exaspera</i> L. ( <i>Moraceae</i> )	UCJ012679	yêglé (Baoulé)	1 %	Grippe	Orale	Racines	Décoction

Noms scientifiques	Numéro herbarier (CNF - UFHB)	Noms vernaculaires	Fréquence de citation %	Maladies et signes traités	Voie d'administration	Parties utilisées	Mode de préparation
<i>Guiera senegalensis</i> Adans. ex Juss. (Combretaceae)	UCJ003101	Guiera du Sénégal (français)	1 %	Perte de voix	Orale	Feuilles	Infusion
<i>Hoslundia opposita</i> Vahl. (Lamiaceae)	UCJ008834	Anouman aliè (Baoulé)	1 %	Renforcement du système immunitaire	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Kalanchoe crenata</i> (Crassulaceae)	UCJ004321	Akpôlè n'gbli (Baoulé)	2 %	Sinusite	Nasale	Feuilles	Ramollissement
<i>Khaya senegalensis</i> (Desv.) A.Juss. (Meliaceae)	UCJ012305	Djala (Sénoufo)	4 %	Paludisme	Orale	Ecorces	Décoction
<i>Lippia multiflora</i> (Verbenaceae) (Moldenke)	UCJ017448	Thé de Savane (français)	1 %	Renforcement du système immunitaire	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Mezoneureum bentaniarum</i> Baill. (Fabaceae)	UCJ009456	Akobowé (Baoulé)	1 %	Affections cardiovasculaire	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Momordica charantia</i> L. (Cucurbitaceae)	UCJ004438	Wo Aliè (Baoulé)	1 %	Paludisme	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Morinda citrifolia</i> L. (Rubiaceae)	-	Noni (français)	1 %	Renforcement du système immunitaire	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Morinda lucida</i> Benth. (Rubiaceae)	-	Koya (Baoulé)	1 %	Grippe	Orale	Racines	Décoction
<i>Moringa oleifera</i> Lam. (Moringaceae)	UCJ012877	Moringa (français)	2 %	Renforcement du système	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Musa paradisiaca</i> L. (Musaceae)	UCJ012888	Bananier (français)	1 %	Renforcement système immunitaire	Orale	Feuilles	Infusion
<i>Nauclea latifolia</i> (Sm.) E. A. Bruce (Rubiaceae)	UCJ015415	Bati (Sénoufo)	4 %	Fièvre	Orale	Racines	Décoction
<i>Newbouldia laevis</i> (Bignoniaceae)	UCJ001972	Hysope africaine (français)	1 %	Renforcement du système immunitaire	Orale	Ecorces	Décoction
<i>Ocimum basilicum</i> L. (Lamiaceae)	UCJ008875	Basilic (français)	1 %	Grippe	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Ocimum gratissimum</i> L. (Lamiaceae)	UCJ008882	Amagnèrin (Baoulé)	8 %	Grippe	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Paullinia pinnata</i> L. (Sapindaceae)	UCJ016416	Tro n'dui (Baoulé)	1 %	Perte de voix	Orale	Racines	Décoction
<i>Periploca nigrescens</i> Afzel. (Apocynaceae)	UCJ014292	Soroboué (Baoulé)	1 %	Diarrhée	Nasale	Racines	Pétrissage
<i>Phyllanthus amarus</i> Schumach. (Euphorbiaceae)	UCJ006242	Mille maladies (français)	1 %	Renforcement du système immunitaire	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Pilostigma thonningii</i> (Schumach.) Milne-Redh.	UCJ009492	Djalma (Baoulé)	1 %	Troubles respiratoires	Orale	Feuilles	Infusion

Noms scientifiques	Numéro herbarier (CNF - UFHB)	Noms vernaculaires	Fréquence de citation %	Maladies et signes traités	Voie d'administration	Parties utilisées	Mode de préparation
<i>Piper guineense</i> <i>Schumach. (Piperaceae)</i>	UCJ014371	Poivrier de Guinée (français)	1 %	Grippe	Orale	Fruits	Infusion
<i>Psidium guajava L.</i> <i>(Myrtaceae)</i>	UCJ012974	Goyavier (français)	1 %	Diarrhée	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Senna occidentalis L.</i> <i>(Cesalpiniaceae)</i>	UCJ009170	Faux quinquélibat (français)	3 %	Affections cardiovasculaires	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Solanum lycopersicum L.</i> <i>(Solanaceae)</i>	UCJ016902	Tomate (français)	1 %	Grippe	Nasale	Feuilles	Trituration
<i>Spathodea campanulata P.Beauv.</i> <i>Bigoniaceae</i>	UCJ001816	Tulipier (français)	1 %	Paludisme	Orale	Ecorces	Décoction
<i>Spondias mombin L. Anacardiaceae</i>	UCJ001024	Troman (Baoulé)	1 %	Renforcement système immunitaire	Anale	Feuilles	Décoction
<i>Syzygium aromaticum (L.)</i> <i>Myrtaceae</i>	-	Clou de Girofle (français)	1 %	Diarrhée	Orale	Fleurs	Décoction
<i>Tamarindus indica L.</i> <i>(Fabaceae)</i>	UCJ009528	Tomi (Malinké)	1 %	Perte de voix	Orale	Racines	Décoction
<i>Tectona grandis L.f. (Verbenaceae)</i>	UCJ017494	Teck (français)	1 %	Affections cardiovasculaires	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Theobroma cacao L.</i> <i>(Sterculiaceae)</i>	UCJ017077	Cacaoyer (français)	1 %	Renforcement du système Immunitaire	Orale	Fèves	Décoction
<i>Thonningia sanguinea Vahl,</i> <i>Balanophoraceae</i>	UCJ001906	Palmier de la biche blanche (français)	1 %	Affections cardiovasculaires	Orale	Rhizomes	Décoction
<i>Tithonia diversifolia (Hemsl.)</i> <i>A.Gray, Asteraceae</i>	UCJ003867	Maguerite (Baoulé)	1 %	Fièvre	Orale	Feuilles	Infusion
<i>Trichilia emetica Vahl Meliaceae</i>	UCJ012339	Sulafinzan (Malinké)	1 %	Diarrhée	Anale	Racine	Décoction
<i>Vernonia colorata (Willd.) Drake</i> <i>Asteraceae</i>	UCJ003922	Abowi (Baoulé)	2 %	Perte de voix	Orale	Feuilles	Infusion
<i>Vitellaria paradoxa (Sapotaceae)</i>	UCJ016613	Beurre de karité	1 %	Douleurs	Cutanée	Graines	Décoction
<i>Xylopiya aethiopica (Annonaceae)</i>	UCJ001465	Sin n'dian (Baoulé)	1 %	Paludisme	Orale	Feuilles	Décoction
<i>Zanthoxylum xanthoxyloides</i> <i>(Myrtaceae)</i>	UCJ016454	Fagara (Sénoufo)	4 %	Affections respiratoires	Orale	Feuilles	Infusion
<i>Zingiber officinale Mill.</i> <i>(Zingiberaceae)</i>	UCJ014081	Gingembre (français)	10 %	Grippe	Orale	Feuilles	Décoction
Total			100 %				

## Liste des plantes médicinales à valeur d'importance élevée cités par les PMT

Sur la figure 3, il apparaît que, quatre plantes médicinales sont majoritairement sollicitées par les PMT pour traiter les symptômes de la COVID-19. Ce sont *A. cordifolia* Mull. Arg (Euphorbiaceae) avec une Valeur d'Importance de 11 %, *Z. officinale* Mill. (Zingiberaceae) (10 %), *O. gratissimum* L. (Lamiaceae) 8 % et *A. boonei* De Wild (Apocynaceae) 6 %. Ainsi, ces différentes plantes sont utilisées par les PMT pour traiter les symptômes de COVID-19.

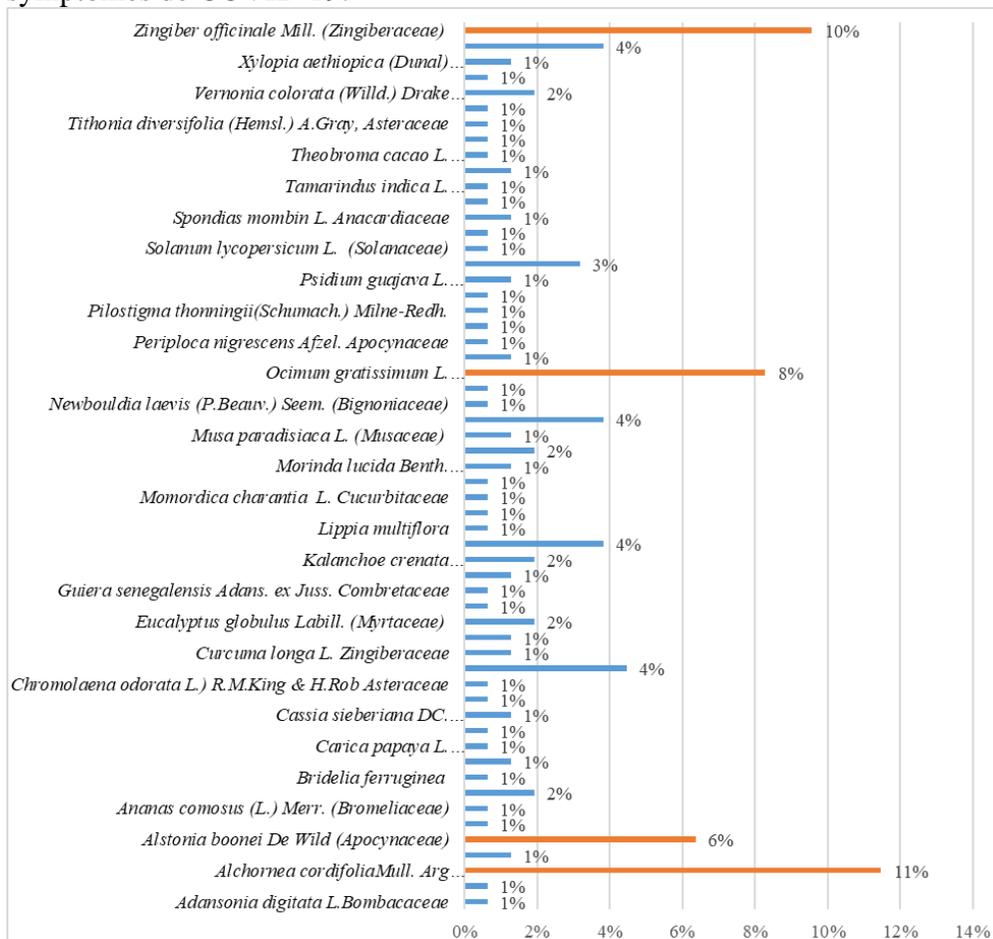


Figure 3 : Valeur d'importance d'utilisation des plantes médicinales par PMT

## Mode de préparation des remèdes par les PMT

Pour faciliter l'administration des drogues citées, les PMT emploient plusieurs techniques de préparation des remèdes telles que : la décoction (77 %), l'infusion (15 %), la macération et la trituration (3 %), le pétrissage et le ramollissement (1 %) (Tableau V). Il ressort que la décoction des drogues est la forme médicamenteuse la plus utilisée.

**Tableau V: Pourcentage des différents modes de préparation des plantes citées**

Mode de préparation	Nombre	Pourcentage %
Décoction	61	77 %
Infusion	12	15 %
Macération	2	3 %
Pétrissage	1	1 %
Ramollissement	1	1 %
Trituration	2	3 %
Total	79	100 %

### Parties de plantes utilisées dans la prise charge des symptômes de la COVID-19

Dans cette étude, il ressort que quatre (04) organes de la plante sont principalement utilisés comme drogues : les feuilles (55 %), les écorces de tiges (15 %), les rhizomes (12 %) et les racines (11 %) (Tableau VI).

**Tableau VI: Pourcentage des parties des plantes utilisées**

Parties utilisées	Nombre	Pourcentage %
Ecorces	24	15 %
Feuilles	86	55 %
Fèves	1	1 %
Fleur	1	1 %
Fruits	6	4 %
Graines	3	2 %
Racines	17	11 %
Rhizomes	18	12 %
Total	156	100 %

### Mode d'administration des médicaments traditionnels (MT)

Plusieurs modes d'administration ont été enregistrés au cours de cette enquête à savoir : orale (41 %), nasale (24 %), anale (22 %), bain (10 %) et cutanée (2 %) (Tableau VII). La voie orale avec 41% est la plus utilisée.

**Tableau VII: Pourcentage des modes d'administration des Médicaments Traditionnels**

Voie d'Administration	Nombre	Pourcentage %
Bain	4	10 %
Cutanée	1	2 %
Nasale	10	24 %
Orale	17	41 %
Anale	9	22 %
Total	41	100 %

### Discussion

Cette étude a consisté à recenser les plantes médicinales et leurs modes d'emplois dans la prise en charges des symptômes de la COVID-19 proposées par les praticiens de médecine traditionnelle en Côte d'Ivoire. L'enquête ethnobotanique réalisée auprès de 58 PMT révèle que les hommes et les

femmes exercent cette activité. Les hommes représentant 88% de l'effectif sont majoritaires comparativement aux femmes qui ne représentent que 12% des PMT. Cette prépondérance de l'effectif masculin est notée également par Ouattara (2006), N'guessan *et al.* (2011) et Ngoule *et al.* (2015). Selon leurs travaux, en Côte d'Ivoire et au Cameroun, les personnes de sexe masculin s'intéressent plus à l'art médical traditionnel. Toutefois, dans nos cultures africaines, l'homme et la femme jouent des rôles complémentaires. Autant l'homme est vu comme détenteur de l'art de guérir, la femme a pour mission d'assurer la santé physique, morale, spirituelle et bien-être de la famille (Mannouan *et al.*, 2008). Le profil des PMT dans cette étude est confirmé dans des études similaires réalisées dans la région maritime du Togo (Gbekley *et al.*, 2015). Les hommes consultent habituellement dans leurs cabinets privés pour des cas graves alors que les femmes, la plupart herboristes se retrouvent dans les marchés de plantes médicinales. C'est ce qui pourrait justifier l'absence des femmes aux côtés des hommes dans la pratique du métier de thérapeute.

La tranche d'âge la plus représentée des PMT est [60-70 [avec un taux de 33,33 %. Ces résultats concordent avec ceux d'Aburjai *et al.* (2007) et de Kpodar *et al.* (2016) qui ont révélé la prédominance des seniors parmi les praticiens de médecine traditionnelle. L'âge minimum des praticiens est de 38 ans et le maximum de 81 ans.

50 % des PMT enquêtés ont acquis leurs savoirs traditionnels en famille. Il ressort de cette étude que l'acquisition du savoir en médecine traditionnelle est avant tout par voie d'héritage par le biais des coutumes et de la tradition orale. Sema *et al.* (2018) et Kpabi *et al.* (2020) ont trouvé respectivement que 83 % et 52,94 % des personnes exerçant cette activité ont été initiées au sein de la famille. Les PMT interrogés ont une ancienneté de 10 à 43 ans, et 10 % (effectif le plus représenté) de ces personnes ont une durée d'exercice de 22 ans.

En effet, selon Lakouété *et al.* (2009) et Gnagne *et al.* (2017), les personnes âgées détiennent une bonne partie du savoir ancestral et ont une longue durée d'ancienneté dans l'exercice de la médecine traditionnelle. Ils sont censés donc fournir des informations plus fiables. Ainsi, il s'avère nécessaire d'avoir un âge mûr et plusieurs années d'expérience pour se faire une certaine confiance avant d'avoir accès aux connaissances de la médecine traditionnelle (Effo *et al.*, 2020). Concernant le niveau d'instruction, sur le total des praticiens de médecine traditionnelle enquêtés, 53 % ont un niveau d'étude primaire, 24 % ont un niveau d'étude secondaire et 22 % ont le niveau d'étude universitaire. Ces chiffres sont similaires aux données du PNPMT de 2019 concernant les PMT enregistrés en Côte d'Ivoire dans la Base de données. Ces chiffres indiquent que 51 % de ces PMT avaient le niveau primaire d'étude, 35 % le niveau secondaire et 14 % le niveau universitaire

(ECO TPS, 2019). Nos résultats sont accord avec ceux d'Ouro-djeri *et al.* (2022) qui ont obtenus un taux de 57,89 % pour le niveau primaire. Il ressort de ces données que le niveau d'instruction faible n'entrave pas l'acquisition de pratiques médicinales à base de plantes (Kpodar *et al.*, 2017).

Les données sur les caractéristiques ethnobotaniques révèlent que quatre (04) organes de plantes sont principalement utilisés comme drogues : les feuilles (55 %), les écorces de tige (15 %), les rhizomes (12 %) et les racines (11%).

La feuille (55 %) a été la partie de plantes la plus employée. Ces résultats sont similaires à ceux de Wangny *et al.* (2019), ceux de Ghourri *et al.* (2012), ceux de Béné *et al.* (2016) et ceux de Kanga (2017).

La fréquence d'utilisation élevée des feuilles pourrait être liée par l'aisance et la rapidité de la récolte (Bitsindou, 1986), par l'abondance des groupes chimiques qu'elles contiennent (Lumbu *et al.*, 2005; Mangambu *et al.*, 2008; Gnagne *et al.*, 2017).

En effet, les feuilles sont le siège de la photosynthèse et de production des métabolites secondaires responsable des propriétés biologiques de la plante (Bigendako-Polygenis et Lejoly, 1990). De plus, le prélèvement intense des feuilles ne présente pas trop de danger pour la plante (Poffenberger *et al.*, 1992). Selon même certains auteurs, le prélèvement de 50% des feuilles d'une plante n'affecte pas de façon significative la survie de cette dernière contrairement aux écorces et racines (N'Guessan *et al.*, 2009).

Cependant, l'écorçage excessif laisse le plus souvent des cicatrices énormes, par lesquelles, ces plantes sont ultérieurement attaquées par les champignons, les oiseaux, les chenilles infectantes (Ouattara, 2006). Le déracinement, l'ébranchage, l'écorçage et l'abattage constituent des modes de prélèvement dangereux pour la plante. L'utilisation des parties sensibles comme les racines, les écorces à plus de 37 % trouvés par Koudouvo *et al.* (2017), inquiète pour la conservation de l'espèce et représente de sérieuses menaces pour la diversité biologique. Plusieurs études au Togo, dont celle de Kokou *et al.* (2005) et de Koudouvo (2009) ont attiré l'attention sur le prélèvement de ces parties sensibles de la plante.

Du mode de préparation des recettes citées par les PMT, il ressort que plusieurs techniques sont employées, à savoir: la décoction 77 %, l'infusion 15 %, la macération et la trituration 3%, le pétrissage et le ramollissement 1 %. La méthode de préparation des remèdes traditionnels la plus utilisée lors de cette étude est la décoction avec 63,84 %. Nos résultats présentent des similitudes avec ceux d'Ouro-djeri *et al.* (2022), où la décoction est le mode le plus employé avec (30,39 %) suivi de l'infusion (24,84 %). Ces résultats sont en accord aussi avec les travaux de Koudouvo *et al.* (2017) qui ont obtenu pour la décoction (49,03 %) suivi de l'infusion (39,22 %). Nos résultats indiquent des proportions plus élevées, par rapport à ceux d'Adjanohoun et

Aké-Assi (1979) avec 32,94 %, N'guessan *et al.* (2009) avec 42 %, Hachi *et al.* (2015) avec 34,57 % de décoction. Aussi, ces résultats corroborent les travaux de Salhi *et al.* (2010) et Adamou *et al.* (2017), où la décoction permet de recueillir le plus de principes actifs et atténue ou annule l'effet toxique de certaines recettes (Mpondo *et al.*, 2017). La population, de façon générale croit au mode de décoction et le trouve plus adéquat car cette technique permet de désinfecter la plante par la chaleur au cours de la préparation (Bwassiwé *et al.*, 2014).

Pour l'absorption des principes actifs des plantes par l'organisme, plusieurs modes d'administration ont été enregistrés au cours de cette enquête. Il s'agit notamment de : orale (41 %), nasale (24 %), anale (22 %), bain (10 %) et cutanée (2 %). Le mode d'administration le plus utilisé est la voie orale. Les résultats sont en accord avec les travaux d'Ouro-djeri *et al.* (2022) indiquant un taux de (66,20 %) pour la voie orale suivie de la voie nasale avec un taux de 26,48 %. Il y'a une concordance avec les résultats obtenus par Koudouvo *et al.* (2017) dans la même zone. En effet ces données indiquent un taux de 79,41 % pour l'administration par voie orale suivie de celle par la voie cutanée (18,62 %).

### **L'étude indique que les PMT de Côte d'Ivoire ont des notions sur les symptômes qui définissent la maladie à COVID-19**

La grippe et les fièvres, représentent respectivement 58% et 42 % des symptômes majeurs de COVID-19 décrits par les PMT. D'autres symptômes tels que le paludisme, les affections cardiaques, la diarrhée, les douleurs du corps ont été notés. Ces symptômes sont les mêmes que ceux décrits par N'guessan *et al.* (2009) et de Dibong *et al.* (2011) dans leurs études respectives.

En se référant à la valeur d'importance cités par les PMT ; il ressort que quatre (04) espèces de plantes médicinales sont majoritairement sollicitées pour traiter les symptômes de la COVID-19. Il s'agit d'*A. cordifolia* (Euphorbiaceae), avec une Valeur d'importance de 11 %, *Z. officinale* (Zingiberaceae) (10 %), *O. gratissimum* (Lamiaceae) 8 % et *A. boonei* (Apocynaceae) 6 %. L'importance de ces plantes a été décelée par la résultante des indices ethnobotaniques et de l'évidence thérapeutique prouvées. La valeur d'importance obtenue pour ces plantes, indique un accord autour de son usage thérapeutique. En effet, l'importance accordée à une espèce ne dépend pas de sa disponibilité mais de sa capacité à satisfaire les besoins des populations dans les différentes catégories d'usages (Maregesi *et al.*, 2007 ; Allabi *et al.*, 2011). Aussi, ce résultat peut-il s'expliquer par la proximité culturelle des enquêtés. Par ailleurs, les espèces inventoriées dans cette étude viennent corroborer la diversité relativement élevée au Togo (Batawila *et al.*, 2007).

## Conclusion

L'enquête ethnobotanique menée auprès de 58 praticiens de médecine traditionnelle de Côte d'Ivoire a permis de dresser une liste de 57 espèces de plantes médicinales, utilisées pour la prise en charge de la grippe et de la fièvre constituant les symptômes majeurs de la COVID-19. La valeur d'importance accordée à quatre plantes médicinales à savoir *A. cordifolia* (Euphorbiaceae), *Z. officinale* (Zingiberaceae), *O. gratissimum* (Lamiaceae) et *A. boonei* de (Apocynaceae) a montré qu'elles peuvent être associées pour formuler une recette traditionnelle capable de traiter les symptômes de la COVID-19. La connaissance de la pharmacopée traditionnelle ivoirienne serait un avantage incontestable pour valoriser les plantes médicinales. Ces dernières constituent des ressources potentielles pouvant conduire à des recettes traditionnelles pour la prise en charge de la COVID-19.

**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. Adjanohoun, E. J. & Aké-Assi, L. (1979). Contribution au recensement des plantes médicinales de Côte d'Ivoire. *Centre National de Floristique*, 1, 358 p.
2. Assouma A.F., Koudouvo K., Diatta W., Vidzro M.K., Guelly A. K., Dounon J., Agbonon A., Tozo K. & Gbeassor M. (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 (3), 1857-7431.
3. Abdollahi M., Karimpour H. & Monsef-Esfehani H. R. (2003). Antinociceptive effects of *Teucrium polium* L. total extract and essential oil in mouse writhing test. *Pharmacological Research*, 48: 31-35.
4. Aburjai T., Hudaib M., Tayyem R., Yousef M. & Qishawi M. (2007). Ethnopharmacological survey of medicinal herbs in Jordan, the Ajloun Heights region. *Journal Ethnopharmacol*, 110 (2):294-304.
5. Afanyibo Y.G., Koudouvo K., Esseh K., Agbonon A., Tozo K. & Gbeassor M. (2018). An ethnobotanical survey of medicinal plants used in the preparation of "atikédi": local alcoholic beverages

- commonly consumed in Lomé Togo. *European Scientific Journal*, 14 (33): 1-16.
6. Allabi A.C., Busiac K., Ekanmiana V. & Bakiono F. (2011). The use of medicinal plants in self-care in the Agonlin region of Benin. *Journal Ethnopharmacol*, 133: 234–243.
  7. Aquaron M., (2015). Relation entre les hommes et les plantes médicinales. Les Causeries en Montagne, Sabenca de la Valéia, Barcelonnette. : <http://www.hominides.com/html/references/hommeplantesmedicinale s.php>.
  8. Badjaré B., Kokou K., Bigou-laré N., Koumantiga D., Akpakouma A., Adjayi M. B. & Abbey GA. (2018). Étude ethnobotanique d'espèces ligneuses des savanes sèches au Nord-Togo : diversité, usages, importance et vulnérabilité. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement/Biotechnology, Agronomy, Society and Environment.*, 22 (3) : 152-171.
  9. Batawila K., Akpavi S., Wala K., Kanda M., Vodouhe R., & Akpagana K. (2007). Diversité et gestion des légumes de cueillette au Togo. *Agriculture, Nutrition And Development, African Journal of Food*, (7) : 3-4.
  10. Baird J.K. (2004). Chloroquine resistance in *Plasmodium vivax*. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 48 (11) : 4075-4083.
  11. Béné K., Camara D., Fofié N. B. Y., Kanga Y., Yapi A. B., Yapou Y. C., Ambé S. A. & Zihiri G. N. (2016). Etude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le département de Transua, District du Zanzan (Côte d'Ivoire). *Journal of animal & plant Sciences*, 27 (2): 4230-4250.
  12. Bigendako-Polygenis M.J. & Lejoly J. (1990). La pharmacopée traditionnelle au Burundi. Pesticides et médicaments en santé animale, *Presse Universitaire. Namur*, pp 425-442.
  13. Bitsindou M. (1986). Enquête sur la phytothérapie traditionnelle à Kindamba et Odzala (Congo) et analyse de convergence d'usage des plantes médicinales en Afrique centrale. *Mem. Doc (inéd.)*. Univ. Libre de Bruxelles. 482 p.
  14. Bouquet A. & Kerharo J. (1950). Plantes médicinales et Toxiques de la Côte d'Ivoire Haute-Volta, Mission d'Etude de la Pharmacopée indigène en A. O. F.
  15. Bwassiwe H., Metowogo K., Aklesso P., Mouzou R., Tossou R., Ahounou J., Eklou- Gadegbekou K., Dansou P. & Aklikokou K. (2014). Enquête ethnobotanique sur les plantes utilisées dans le traitement traditionnel des contusions musculaires au Togo. *Revue. Ivoirienne. Sciences et Technologie*, 24: 112 – 130.

16. Coulibaly S. (2007). Evaluation de la collaboration entre la médecine moderne et la médecine traditionnelle dans la région sanitaire du Sud Bandama. *Thèse de doctorat en médecine (Diplôme d'Etat), Université de Cocody Abidjan (Côte d'Ivoire)*.117p
17. Dibong S. D., Mpondo M. E., Ngoye A., Kwin M. F. & Betti J. L. (2011). Ethnobotanique et phytomédecine des plantes médicinales de Douala, Cameroun, Ethnobotany and phytomedicine of medicinal plants sold in Douala markets, *Journal of Applied Biosciences* 37: 2496 – 2507.
18. ECO TPS (2019). Répertoire National des Praticiens de Médecine Traditionnelle de Côte d'Ivoire, *Programme National de Promotion de la Médecine Traditionnelle, logiciels, 2019*.
19. Effoe S., Gbekley H., Mélila M., Agban A., Tchacondo T., Osseyi E., Karou D & Kokou K. (2020). Étude ethnobotanique des plantes alimentaires utilisées en médecine traditionnelle dans la région Maritime du Togo. *Int. Journal. Biol. Chem. Sciences.*, 14 (8): 2837-2853.
20. Gbekley E.H., Karou D.S., Gnoula C., Agbodeka K., Anani K., Tchacondo T., Agbonona., B.A.Tawilak. & Simpore J. (2015). Etude ethnobotanique des plantes utilisées dans le traitement du diabète dans la médecine traditionnelle de la région Maritime du Togo. *Revue médicale panafricaine*. 20 : 437-452
21. Ghourri M., Zidane L., Houda E. Y., Rochdi A., Fadli M. & Douira A. (2012). Etude floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville d'El Ouatia (Maroc Saharien). *Journal of Forestry Faculty*, 12 (2): 218-235.
22. Gnagne A.S., Camara D., Fofie N.B.Y., Bene K. & Zirihi GN. (2017). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le traitement du diabète dans le Département de Zouénoula (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 113 (1): 11257.
23. Guedje N.M., Tadjouteu F. & Dongmo R.F. (2013). Médecine traditionnelle africaine (MTR) et phytomédicaments: défis et stratégies de développement. *Health Sciences and Disease*, 13 (3).
24. Hachi M., Hachi T., Belahbib N., Dahmani J. & Zidane L. (2015). Contribution to the study and floristic ethnobotany flora medicinal use at the city of Khenifra (Morocco). *International Journal of Innovation and Applied Studies* 11(3):754-770.
25. Hadjadj K., Benaissa M., Mahammedi M. & Ouragh A. & Rahmoué A. (2019). Importance des plantes médicinales pour la population rurale du parc nationale djebelaliss (sud-ouest algérien). *Revue de botanique, lejeunie*, Nouvelle série N° 199, 12p

26. Kanga Y. (2017). Enquête ethnobotanique sur les plantes médicinales de la Région du Haut Sassandra (Côte d'Ivoire) et évaluation des activités pharmacologiques de deux taxons sollicités dans le traitement des infections cutanées. Thèse de Doctorat, Université Felix Houphouët-Boigny de Cocody, Abidjan, (Côte d'Ivoire), 200 p.
27. Kemassi A., Smail Z., Moulay O.H., Herouinia A., Bendekken Z., Bouras N. & Oehm. D. (2019). Recherche des plantes à caractère hypotenseur utilisées dans la pharmacopée des populations de la vallée du M'Zab (Sahara Algérien). *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, 6 (2): 1050-1061.
28. Kokou K., Adjossou K. & Hamberger K. (2005). Les forêts sacrées de l'aire Ouatchi au sud-est du Togo et les contraintes actuelles des modes de gestion locale des ressources forestières. *Vertig O*, 6 (3): 2456.
29. Koudouvo K. (2009). Contribution à la recherche sur les plantes médicinales à propriété antipaludique du Togo. Thèse de Doctorat en Biologie de Développement, Université du Lomé, Lomé, 182p
30. Koudouvo K., Dolo A., Denou A., Sanogo R., Essien K., Agbonon A., Diallo D., Kokou K., Aklikokou K. & Gbeassor M. (2017). Enquête ethnobotanique sur les plantes hepatoprotectrices utilisées par le groupe ethnique Adja du Togo, Riverain au Parc National de Togodo-Sud. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 19 (4) :11-27.
31. Koudouvo K., Dolo A., Denou A., Sanogo R., Essien K., Agbonon A., Diallo D., Kokou K. I., Agban A., Hoekou Y., Pissang P., Tchacondo T. & Batawila K. (2020). Etude ethnobotanique des plantes à activités antiparasitaires utilisées en médecine traditionnelle dans la préfecture de Doufelgou au nord du Togo. *Journal of Applied Biosciences*, 148: 15176.
32. Kpabi I., Agban A., Hoekou Y., Pissang P., Tchacondo T. & Batawila K. (2020). Etude ethnobotanique des plantes à activités antiparasitaires utilisées en médecine traditionnelle dans la préfecture de Doufelgou au nord du Togo. *Journal of Applied Biosciences*, 148: 15176 – 15189.
33. Kpodar M.S., Karou S.D., Katawa G., Anani K., Gbekley H.E., Adjrah Y., Tchacondo T., Batawila K. & Simpore J. (2016). An ethnobotanical study of plants used to treat liver diseases in the Maritime region of Togo. *Journal of Ethnopharmacology*, 181: 263-273.
34. Lakouétééné D.P.B., Ndolngar G., Berké B., Moyen J-M., Kosh Komba E., Zinga I., Silla S., Millogo-Rasolodimby J., Vincendeau P., Syssa-Magalé J-L., Nacoulma-Ouedraogo O. G., Laganier R., Badoc A. & Chèze C. (2009). Enquête ethnobotanique des plantes utilisées dans le

- traitement du paludisme à Bangui. *Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, 148 : 123-138.
35. Lumarque J. (2020), Haïti et le covid-19. Des outils pour comprendre et agir. Ouvrage collectif, sous la direction de Jacky Lumarque. Port-au-Prince: PressUniQ 9, *Les Presses de l'Université Quisqueya*, 326p.
  36. Lumbu S., Kahumba B., Kahambwe T., Mbayo T., Kalonda M., Mwamba M. & Penge O. (2005). Contribution à l'étude de quelques plantes médicinales anti diarrhéiques en usage dans la ville de Lubumbashi et ses environs. *Annales de Pharmacie*. 3 (1) : 7586.
  37. Mangambu M., Kamabu V. & Ballon M.F. (2008). Les plantes médicinales utilisées dans le traitement de l'asthme à Kisangani et ses environs (Province Orientale, RDCongo). *Annales des Sciences, Université Officielle de Bukavu*, 1 (1) : 63-68
  38. Mannouan Nogbou. (2008). Identification of actors in traditional medicine: case of the Autonomous District of Abidjan. Thesis for obtaining the Certificate of Specialized Studies (CES) in public health and community medicine from the University of Cocody Abidjan (Ivory Coast). 63p.
  39. Maregesi S., Ngassapa O., Pieters L. & Vlietinck A. (2007). Ethnopharmacological survey of the Bunda district, Tanzania: Plants used to treat infectious diseases, *Journal Ethnopharmacol.*, vol. 113, pp. 457-470.
  40. Mpondo M. E., Ngene J. P., Som M. L., Etame L. G., Boumsong N. P.C., Yinyang J. & Dibong S. D. (2017). Connaissances et usages traditionnels des plantes médicinales du département du haut Nyong. *Journal of applied Biosciences* 113: 11229-11245.
  41. Ngoule C., Ngene J., Kidick P., Ndjib R., Dibong S. & Mpondo M. E. (2015). Inventaire et caractérisation floristiques des plantes médicinales à huiles essentielles des marchés de Douala Est (Cameroun). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9 (2): 847-889.
  42. N'Guessan K., Tiébre M. S., Aké-Assi E. & Zirihi G. N. (2009). Ethnobotanical study of plants used to treat arterial hypertension, in traditional medicine, by Abbey and Krobou populations of Agboville (Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 35 (1): 85-98.
  43. N'guessan K., Soro D. & Amon A. D. E. (2011). Plantes utilisées en médecine traditionnelle dans le traitement des maladies cardiovasculaires, en pays Abbey et Krobou, dans le Sud de la Côte-d'Ivoire. Article de synthèse Ethnopharmacologie- Phytothérapie, Springer-Verlag France, 9 : 199-208.

44. Ouro-Djeri H., Koudouvo K., Tchacondo C. & Ouro-Djeri E. (2022). Étude ethnopharmacologique des plantes utilisées en médecine traditionnelle dans le canton de Sédomé, en bordure du parc national de Togodo-Sud, district de Yoto au Togo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 38 (2): 286-304.
45. Odugbemi T.O., Akinsulire O.R., Aibinu I.E. & Fabeku P.O. (2007). Medicinal plants useful for malaria therapy in Okeigbo, Ondo State, Southwest Nigeria. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 4 (2): 191-198.
46. Ouattara D. (2006). Contribution à l'inventaire des plantes médicinales significatives utilisées dans la région de Divo (sud forestier de la Côte-d'Ivoire) et à la diagnose du poivrier de Guinée : *Xylopiya aethiopica* (Annonaceae). Thèse de doctorat de l'université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 184p.
47. Organisation mondiale de la Santé. (2003). Médicaments essentiels et politiques pharmaceutiques : donner un soutien aux pays pour réduire le manque d'accès aux médicaments. Genève : OMS (Rapport annuel 2002), 20 p.
48. Organisation mondiale de la Santé. (2012). Médecine traditionnelle : des textes anciens aux nouveaux médicaments, 90 (8) : 557-632.
49. Organisation mondiale de la Santé. (2020). Foire aux questions concernant les candidats-vaccins contre la COVID-19 et les mécanismes d'accès, 27 août 2020 (No. OPS/FPL/IM/COVID-19/20-0018). OPS.
50. Orsot B. (2016). Etude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le traitement des maladies de la peau par les Abbaye du Département d'Agboville (Côte d'Ivoire) et évaluation de l'activité antifongique des extraits de quatre plantes sur *Sclerotium rolfsii*, un phytopathogène. Thèse de Doctorat, Botanique, Université Félix HOUPHOUET-BOIGNY, Côte d'Ivoire, 168 p.
51. Poffenberger M., Gean B. M., Khare A. & Campebell J. (1992). Field method manuel, Volume II. Community forest economy and use patterns: participary rural apprasail (P.R.A.) Methods in south Gujarat, India. *Society for promotion of Wasteland development, New dehli*, 16-57.
52. Raoult D., Hsueh P.R., Stefani S. & Rolain J.M. (2020). COVID-19 therapeutic and prevention. *Int Journal Antimicrob Agents*, 55 (4), 105937.
53. Said H. M. (1984). Potential of herbal medicines in modern medical therapy, *Ancient Sciences of Life*, 4 (1): 36-47.

54. Salhi S., Fadli M., Zidane L. & Douira A. (2010). Etudes floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Lazaroa*, 31 : 133-146.
55. Sema M., Atakpama W., Kanda M., Koumantiga D., Batawila K. & Akpagana K. (2018). Une forme de spécialisation de la médecine traditionnelle au Togo : Cas de la préfecture de Doufelgou. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*. (Togo), 20 (4): 47-61.
56. Tachema A., Haouatti F., Smail A., Toumi P. & Zitouni H. (2020). Plantes et COVID 19, le recueil des données. Research Gate, 40 p.
57. Wangny A. A. S., Ouattara T. V., Abrou N. E. J. & N'guessan K. (2019). Etude Ethnobotanique des Plantes Utilisées en Médecine Traditionnelle dans le Traitement de l'Hypertension Artérielle chez les Peuples du Département de Divo, (Centre-ouest, Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 15 (24) : 385 - 407.

## Appendix



*Alchornea cordifolia*, Schmach Thonn  
Müell, Euphorbiaceae

**Noms communs:** Arbre de djeman, Alchornéa cordiforme

**Noms vernaculaires :**

**Baoulé/Agni :** Djéka ;

**Malinké :** Kobira, Kodjiran

**Bambara :** Kogira ;

**Abey :** Vidjo ;

**Tagouana :** fémé;

**Dioula:** kotiâ;

**Ashanti:** yama, adiamba;

**Koulango/Abbron ;** Adiamia;

**Bété :** bourounéi;

**Guéré :** po, pro, polo;

**Yacouba :** fon;

**Gouro :** féllémé (Bouquet A. et Kerharo J., 1950)



**Noms communs:** Emien, Bois de fromage »  
ou « bois de motif

**Noms vernaculaires**

**Agni et Apollonien:** Èmian

**Attié :** Kokpè

**Avikam :** O-uruzi

**Baoulé :** Emien

**Bété :** Kahi

**Dan :** Kliméné

**Attié :** Ko· koué;

**Abé :** onguié, honguié;

**Ehrié :** Korogbé, Korokoué;

**Gouro :** oro;

**Attié:** kokué (Bouquet A. et Kerharo J., 1950)



*Ocimum gratissimum*, L., Lamiaceae

**Noms communs :** Thé rouge, plante de moustiques, feuille de fièvre, plante de fièvre de la Sierra Leone, Basilic, basilic sauvage, faux basilic, wild basil. (Bouquet et Kerharo, 1950)

**Noms vernaculaires**

**Agni :** Samané,

**Baoulé :** Aloamagnéré

**Dida :** Mocolou

**Malinké :** Soukou-nou baba;

**Tagouana:** poungra;

**Dioula:** nounonbaba (Bouquet et Kerharo, 1950)



**Noms communs : Gingembre**  
**Noms vernaculaires**  
**Baoulé: Assiehoo saa**  
**Dioula: Gnamankou devenu**  
**comme le nom commun**  
**(Bouquet et Kerharo, 1950).**

*Zingiber officinale, Roscoe, Zingiberaceae*

**FICHE D'ENQUETE PMT (COVID-19)**

1. **Nom du PMT** : .....

Connaissez-vous le PNPMT ? OUI NON

N° d'identification : .....

2. **Sexe**

Sexe	Nombre
Féminin (F)	
Masculin (M)	

3. **Age du PMT**

Tranche d'âge (année)	Nombre de citation
[38-48[	
[49-59[	
[60-70[	
[71-81[	

**II. CARACTERISTIQUES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES**

Localité (lieu d'exercice du PMT) : \_\_\_\_\_

4. Niveau d'étude

Primaire      \_\_\_\_\_      Secondaire      \_\_\_\_\_      Universitaire      \_\_\_\_\_

### III. PROFIL DU PMT

#### 5. Mode d'acquisition du savoir

- Apprentissage                       Famille                       Famille et Formation  
 Formation                               Formation auprès d'un maitre  
 Par révélation                       Par expérience acquise après une maladie

#### 6. Spécialité des praticiens de médecine traditionnelle selon la loi 2015 de médecine traditionnelle en Côte d'Ivoire

Spécialité du PMT	Nombre de citation
Médico-droguiste	
Naturothérapeute	
Phytothérapeute	
Psychothérapeute	
Accoucheuse traditionnelle	

#### 7. Ancienneté des PMT

Tranche d'année	Nombre de citation
[10-20[	
[20-30[	
[30-40[	
[40-50[	

### IV. CONNAISSANCE DE LA MALADIE À COVID-19

#### 8. Symptômes de COVID-19

Pathologies et signes traités	Nombre de citation
Affections cardiovasculaires	
Affections respiratoires	
Diarrhée	
Douleurs	
Douleurs abdominales	
Fatigue	
Fièvre	
Grippe	
Maladies virales	
Paludisme	
Perte de voix	
Sinusite	
Toux	
Troubles respiratoires	

## V. PLANTES MÉDICINALES UTILISÉES

### 9. Plantes médicinales utilisées pour la préparation du remède, les maladies et les signes soignés

Noms scientifiques des plantes	Noms vernaculaires ou communs de plantes	Numéro d'herbier CNF	Maladies et signes traités	Parties utilisées	Mode de préparation du remède	Posologie	Voie d'administration

## Spatial distribution, abundance and infestation rate of freshwater intermediate host snails in Lake Kivu, DR Congo side

*Jean-Jacques M. Bagalwa*

*Pierre C. Batumike*

*Bertin K. Ndegeyi*

*Jean-Louis K. Bahizire*

Laboratory of Malacology, Department of Biology, Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, D/S Bukavu, DR Congo

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n36p221](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p221)

Submitted: 04 June 2024

Accepted: 26 December 2024

Published: 31 December 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Bagalwa J.J.M., Batumike P.C., Ndegeyi B.K. & Bahizire J.L.K. (2024). *Spatial distribution, abundance and infestation rate of freshwater intermediate host snails in Lake Kivu, DR Congo side*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (36), 221.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n36p221>

### Abstract

Molluscs play an important role in public and veterinary health, making the continuous study of their distribution essential. The main goal of this investigation was to examine the distribution of freshwater molluscs in Lake Kivu, located on the DR Congo side. Semi-quantitative surveys conducted from January to December 2019 focused on selected sites within the lake, covering both the dry and wet seasons. Snails in the littoral zone of Lake Kivu were collected using a plankton net and pliers. The physicochemical parameters of the water at each site were measured using standard water quality analysis methods. The collected snails were morphologically identified using various identification keys. *Biomphalaria* species were analyzed (cercariometry) for trematode infestation. A total of 1,331 snails belonging to seven genera and 18 species were recorded during the study. The relative abundance of the recorded snail species was as follows: *Biomphalaria pfeifferi* (49.6%), *Biomphalaria smithi* (16.6%), *Gabbiella spirilosa* (10.6%), *Bulinus truncatus* (10.1%), *Lymnaea natalensis* (6.5%), *Helisoma duryi* (1.5%), *Pila ovata* and *Tomichia ventricosa* (0.8% each), *Melanoides tuberculata* (1.7%), *Lymnaea columella* and *Tomichia hendrexys*

(0.9% each), *Bulinus forskalii* and *Tomichia zwellandanensis* (0.9% each), *Physa acuta* (0.4%), *Corbicula fluminalis* (1.1%), *Lymnaea palustris* (0.2%), *Tomichia kivuensis* and *Segmentorbis kempfi* (0.1% each). This study clarified the distribution and seasonal abundance of freshwater snails in Lake Kivu, DR Congo. Eighteen species of freshwater snails were identified during the malacological survey. The observed snail distribution provides insights into the epidemiology of trematode infections in the study area and highlights potential risks to human and animal health. The implications of these findings for controlling snail-borne trematodes are also discussed.

---

**Keywords:** Freshwater snails, distribution, diversity, Lake Kivu. DR Congo

## Introduction

The East African Rift system is a freshwater biodiversity hotspot with numerous endemic taxa, including cichlids and snails (Seehausen, 2006; Genner et al., 2007; Schultheiß et al., 2011). In this system, many lakes are millions of years old. Freshwater snails are vital components of the food chain and food web in most freshwater ecosystems. Some freshwater snails are also known for their medical and veterinary importance. It is estimated that around 350 species have medical and veterinary significance (Brown, 1994; Yves et al., 2013).

The intermediate hosts of human schistosomes belong to three genera: *Biomphalaria*, *Bulinus*, and *Lymnaea*. *Bulinus* species are associated with urinary schistosomiasis, *Biomphalaria* species with intestinal schistosomiasis, and *Lymnaea* species with fascioliasis or liver rot in animals (Mello et al., 2006). Snails play an important role in public and veterinary health, necessitating continuous studies of their distribution. They are potential intermediate hosts for trematode species in freshwater habitats.

The majority of studies on snails have focused on species of medical and veterinary importance, while there is limited information on other snail species, such as *Gabiella*, *Melanoides*, and *Tomichia*, which are known to cause zoonotic diseases (Brown, 1994; Abdulkadir et al., 2017). Environmental changes are likely to alter the distribution patterns of snails and can be used to assess environmental impacts (Lafferty, 1997). Physico-chemical factors, particularly calcium concentrations, have been emphasized by several authors in temperate and tropical freshwater ecosystems (McKillop & Harrison, 1980; Bagalwa et al., 2022).

Information on snail distribution, infection, ecology, and behavior could enhance the efficiency of control measures against snails of medical and veterinary importance. The importance of such studies has been particularly emphasized in the control of schistosomiasis transmission (Madsen, 1992; Sturrock, 1993). The distribution and abundance of snails are influenced by

various factors, including food supply, predators, parasites, rainfall, and water composition. Additionally, sunlight, aquatic weeds, the abundance of microflora, high dissolved oxygen content, and seasonal changes contribute to the abundance of freshwater snails (Hosea et al., 1998).

Biotic factors, such as the availability and density of aquatic macrophytes, have also been reported to play a vital role in the distribution of freshwater snails in different parts of Africa (Ofoezie, 1999). Physico-chemical factors in the water, which are considered the most significant environmental influences on freshwater snails, include temperature, pH, turbidity, dissolved oxygen, calcium, magnesium, and phosphate levels (Abbasi et al., 2011; Bagalwa et al., 2022). One of the primary goals of freshwater ecology is to understand how communities of freshwater species are structured in space and time, and how environmental factors affect their distribution.

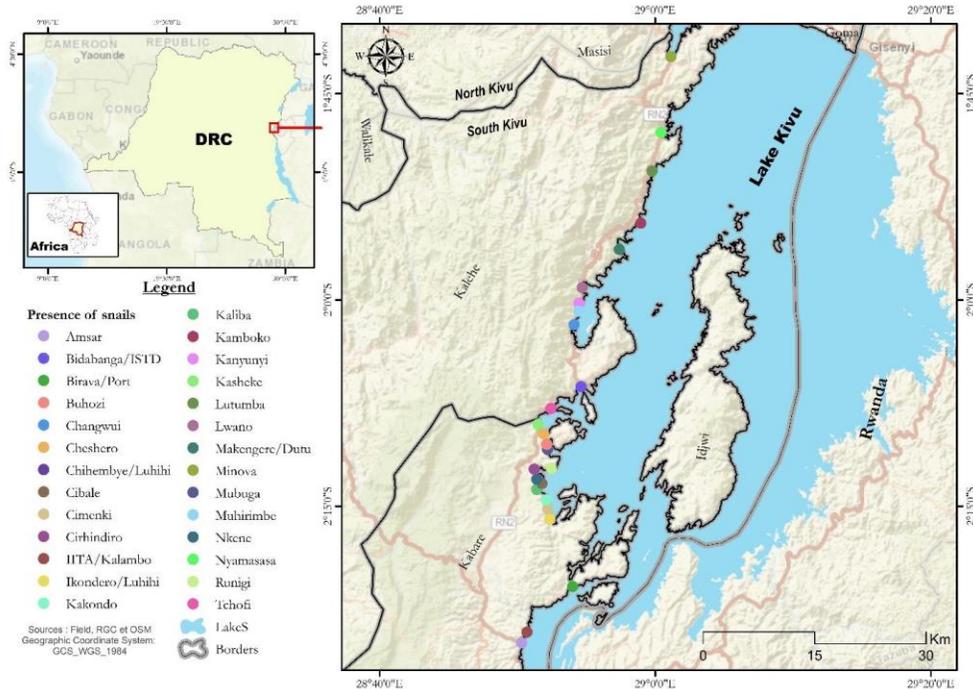
Several studies suggest that the distribution of freshwater snails will be altered and, in some cases, enhanced by global climate change (Dobson et al., 2003; Mas-Coma et al., 2009). It is well-established that the distribution and abundance of freshwater snails are closely linked to ecological factors (Brown, 1994). A local survey has identified specific factors that are important in each water body for the proliferation of trematode intermediate hosts (Bagalwa et al., 2022).

The present investigation aims to provide information on the distribution patterns of molluscan species around the littoral zone of Lake Kivu, on the DRC side, with the purpose of presenting a list of the different snail species collected.

## **Material and Methods**

### **Sampling and identification of snails**

Freshwater snails were collected using a plankton net or manually with forceps during monthly surveys conducted over a twelve-month period (January to December 2019), as described by Opisa et al. (2011). The collection was carried out at sites with human activities. Snails were gathered from various habitats at 27 locations along the littoral zone of Lake Kivu (Figure 1).



**Figure 1.** Localization of sampling sites along the DR Congo shore of Lake Kivu

Each sampling was conducted by three trained snail collectors using standard snail scoops or, occasionally, forceps, between 09:00 and 12:00 hours for 10 minutes at each site. Collected freshwater snails were transferred to labeled perforated plastic containers and transported to the laboratory of the Department of Biology at the Lwiro Natural Science Research Center (CRSN-Lwiro). In the laboratory, snails were sorted and identified to the species level using the standard morphological key described by Brown (1994).

After identification using Brown's (1994) key, the snails were separated, and *Biomphalaria pfeifferi* specimens were exposed to artificial light to check for possible trematode larvae infections. Cercariae were identified based on the criteria described by Schell (1970). If no cercariae were identified, the ten largest specimens of each mollusk sample from different sites were dissected under a binocular microscope to assess possible infestations.

### **Determination of the Physico-Chemical Parameters of the Freshwater Body**

Surface water samples were collected once a month from each sampling site using the simple dipping method. The collected water samples were transported to the laboratory for chemical analysis of calcium and nutrients (Bagalwa et al., 2015). pH, surface water temperature, conductivity,

and total dissolved solids were measured on-site using an EC/pH/TDS/Temp COMBO meter (Hanna Instruments, Inc.).

### Data Analysis

A t-test was used to compare the relative abundance of freshwater snails between the dry and wet seasons. All analyses were conducted at an alpha level of 0.05, with a p-value < 0.05 considered statistically significant.

## Results and Discussion

### Species abundance

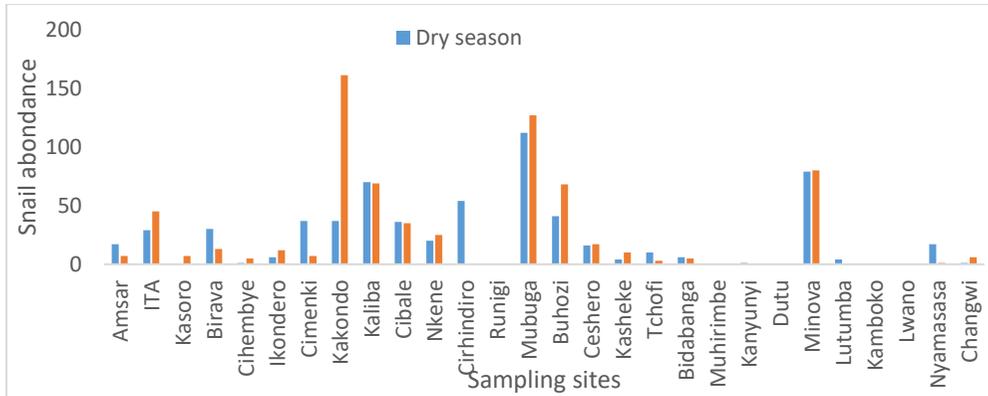
The freshwater snails identified are presented in Table 1. A total of 1,331 freshwater snails, belonging to 6 families and 18 species, were collected during the study period.

**Table 1.** Distribution of freshwater snails in the littoral zone of Lake Kivu, DR Congo side

Order	Class	Family	Species
Hydrophila	Gasteropoda	Planorbidae	<i>Biomphalaria pfeiferi</i>
			<i>Biomphalaria smith</i>
			<i>Helisoma duryii</i>
			<i>Segmentorbis kempi</i>
		Lymnaeidae	<i>Lymnae natalensis</i>
			<i>Lymnae palutris</i>
			<i>Lymnae columella</i>
		Bulinidae	<i>Bulinus forskalii</i>
			<i>Bulinus truncata</i>
			<i>Gabbiella spirilosa</i>
		Thiaridae	<i>Tomchia kivuensis</i>
			<i>Tomchia hendrexyx</i>
			<i>Tomchia zwellandanensis</i>
		Physidae	<i>Tomchia ventricose</i>
<i>Physa acuta</i>			
<i>Pila ovata</i>			
			<i>Melanoides tuberculata</i>
Venerida	Bivalvia	Corbiculidae	<i>Corbicula fluminalis</i>

The families *Thiaridae*, *Planorbidae*, *Lymnaeidae*, and *Bulinidae* each include four species of snails, while the family *Corbiculidae* has only one species. Species diversity and abundance varied between sites and across seasons.

The seasonal variation in snail species abundance at the different sampling sites is presented in Figure 2.



**Figure 2.** Seasonal variation in species abundance at sampling sites

High abundance (161–127 specimens) of snail species was recorded at Kakondo and Mubuga during the wet season. Relatively high abundance (239, 198, 159, 139, and 109 specimens) was also observed at Mubunga, Kakondo, Minova, Kaliba, and Buhozi. In general, a high number of snails (703 specimens) were recorded across the majority of sampling sites during the wet season. A significant seasonal difference in snail abundance between the dry and wet seasons was observed at the sampling sites ( $p < 0.05$ ).

The physical structure of the lake's littoral zone is recognized as having an important influence on the density and composition of species communities (Maqboul et al., 2014). Species richness at these sites varied with seasons, reflecting the diversification of ecological niches that allow resource sharing (Brönmark, 1985; Heino, 2000).

Statistical analysis revealed a significant difference ( $p < 0.05$ ) in the relative abundance of snail collections between the dry and wet seasons ( $t = 2.1018$ ,  $p < 0.05$ ). The highest Shannon index was recorded during the dry season ( $H = 2.635$ ), when all species in the lake sites were sampled. In the wet season, a Shannon index of  $H = 2.367$  was recorded, reflecting the collection of fewer species. The equitability index was also higher in the dry season ( $e = 0.85$ ) compared to the wet season ( $e = 0.79$ ). These results suggest that the structure of freshwater mollusk communities is not well balanced across the two seasons.

The seasonal variation in species abundance in the littoral zone was recorded and is presented in Table 2.

**Table 2.** Seasonal Variation in the Abundance of Each Species in the Littoral Zone of Lake Kivu

	Dry season	Wet season
<i>Biomphalaria pfeifferi</i>	271	362
<i>Biomphalaria smith</i>	93	128
<i>Bulinus truncatus</i>	79	55
<i>Bulinus forskalii</i>	0	3
<i>Lymnae natalensis</i>	42	44
<i>Lymnae columella</i>	3	9
<i>Lymnae palustris</i>	2	0
<i>Melanoides tuberculata</i>	14	8
<i>Tomchia kivuensis</i>	1	0
<i>Tomchia hendrexyx</i>	12	0
<i>Tomchia ventricosa</i>	6	5
<i>Tomchia zwellandanensis</i>	2	0
<i>Gabiella spirilosa</i>	82	59
<i>Helisoma duryii</i>	5	15
<i>Corbicula fluminalis</i>	10	4
<i>Segmentorbis kempfi</i>	0	1
<i>Pila ovata</i>	4	7
<i>Physa acuta</i>	2	3

According to **Table 2**, a seasonal change in the abundance of snails in the littoral zone of Lake Kivu was observed. The species *Biomphalaria pfeifferi* and *Biomphalaria smithii* were more abundant during the wet season, while *Bulinus truncatus*, *Gabielle spirilosa*, and *Corbicula sp.* were highly represented during the dry season.

**Figure 3. Pearson correlation between snail's species**

	B._pf eifferi	B._s mithii	B._tru ncatus	B._fo rskali	L._nat alensis	L._coll umella	L._pa lutris	M._tube rculata	T._kiv uensis	T._hen drexyx	T._ven triosa	T._zwell e ndanensis	G._spi rilosa	H._d urnii	Corbuc ula_sp	S._k empi	P._o vata	P._a cuta
B._pfeiff eri	1																	
B._smithii	0.88**	1																
B._truncat us	-0.1	0.11*	1															
B._forskal i	0.56	0.71	0.06** *	1														
L._natalen sis	0.58** *	0.69	-0.15	0.36	1													
L._collum ella	0.01	0.09* *	-0.10**	0.22	0.02** *	1												
L._palutris	-0.15*	0.11*	0.09**	0.05* **	-0.18	-0.09**	1											
M._tuberc ulata	0.12** *	0.11*	0.09**	0.06* **	0.07** *	0.01** *	0.08* *	1										
T._kivuen sis	0.00*	0.06* **	0.06** *	0.04* **	0.12*	0.06** *	0.05* **	-0.06***	1									
T._hendre xyx	-0.11	0.08* *	0.06** *	0.04* **	0.08**	0.08**	0.05* **	0.53	0.04** *	1								
T._ventric osa	-0.11*	0.08* *	0.06** *	0.04* **	0.08**	0.08**	0.05* **	0.53	-0.04	1	1							
T._zwell e ndanensis	-0.11*	0.08* *	0.06** *	0.04* **	0.08**	0.08**	0.05* **	0.53	0.04** *	1	1	1						
G._spirilo sa	0.16	-0.17	0.01** *	0.10* *	-0.25	-0.15	0.10* *	0.12*	0.10**	0.00** *	0.00** *	0.00***	1					

H._dumii	0.15	0.12*	0.05** *	0.02* **	0.05** *	0.06** *	0.07* **	0.07***	0.05** *	0.05** *	0.05** *	-0.05***	0.03* **	1				
Corbucula _sp	0.08**	0.08* **	0.06** *	0.04* **	-0.13*	0.06** *	0.05* **	0.82	0.04** *	0.04** *	0.04** *	-0.04***	0.14	0.05 ***	1			
S._kempi	0.06** *	0.00* **	0.06** *	0.04* **	0.04** *	0.06** *	0.05* **	0.09**	0.04** *	0.04** *	0.04** *	-0.04***	0.04* **	0.99	0.04** *	1		
P._ovata	0.00** *	0.06* **	0.06** *	0.04* **	0.12*	0.06** *	0.05* **	-0.06***	1	0.04** *	0.04** *	-0.04***	0.10* *	0.05 ***	0.04** *	0.04 ***	1	
P._acuta	0.04** *	0.09* *	0.18	0.05* **	0.08** *	-0.09**	0.08* *	-0.08**	0.83	0.05** *	0.05** *	-0.05***	0.10* *	0.03 ***	0.05** *	0.05 ***	0.83	1

### Physicochemical parameters

The physicochemical parameters of the different sampling sites along the littoral zone of Lake Kivu are presented in Table 3.

**Table 3.** Physicochemical parameters of different littoral sites along Lake Kivu

	Potential Hydrogen (pH)	Electric conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Total Dissolved Solid (mg/L)	Total Phosphorous ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	Total nitrogen ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	Calcium (mg/L)
Amsar	8.55±0.07	1121.65±58.9	546.7±23.6	0.68±0.5	2.96±3.6	1.0±1
Bidabanga/ISTD	8.8±0	1075±148.5	525±77.8	0.19±0.12	1.15±0.1	0.95±0.78
Birava	8.6±0.04	1067.5±3.5	520±0	0.51±0.24	3.1±3.6	1.41±1.54
Buhozi	8.1±0.85	1072.5±102.5	480±14.1	0.58±0.72	3.5±4.5	1.15±0.21
Ceshero	8.8±0	1250±14.1	610±0.01	0.23±0.28	3.3±4.2	1.01±0.98
Cibale	8.65±0.21	1106.25±8.8	536.25±8.8	0.67±0.57	3.5±4.5	0.62±0.26
Cihembye	8.65±0.21	1016.25±33.6	596.25±122	1.06±0.56	3.52±4.1	0.51±0.13
Cimenki	8.3±0.18	1100±84.9	647.5±109.6	0.81±0.78	3.3±4.3	0.93±0.81
Cirhindiro	8.6±0.14	1250±240.4	605±106.1	0.39±0.48	3.66±4.7	0.88±0.74
Dutu	8.6±0.14	885±205.1	430±99	0.32±0.01	0.71±0.61	1.1±0.99
Ikondero	8.5±0.42	1000±42.4	487.5±24.8	0.53±0.38	3.12±3.9	0.74±0.65
ITA/Pélouse	8.55±0.07	1070±28.3	522.5±10.6	0.65±0.55	3.0±3.8	0.38±0.17
Kakondo	8.45±0.21	975±77.8	601.25±72.5	0.76±0.70	3.43±4.35	0.69±0.44
Kaliba	8.15±0.21	1066.25±19.5	518.75±15.9	0.94±0.93	3.59±4.48	0.75±0.49
Kamboko	8.8±0.14	1075±49.5	525±21.2	0.29±0.01	0.57±0.46	1.1±0.85
Kanyunyi	8.7±0	1100±0	540±0.01	0.21±0.01	0.82±0.01	1.2±0.01
Kasheke	8.8±0	1220±339.4	590±155.6	0.13±0.01	1.06±0.02	1±0.99
Kasoro	8.6±0	970±141.4	470±70.7	0.24±0.12	3.16±3.8	0.64±0.51
Lutumba	8.55±0.07	940±99	455±49.5	0.27±0.07	0.72±0.59	1±0.85
Lwano	8.8±0.14	1005±35.4	490±14.1	0.16±0.2	0.63±0.62	0.85±0.64
Minova	7.5±0.14	1660±452.5	735±106.1	0.34±0.24	1.77±1.88	2.05±2.19
Mubuga	8.05±0.78	1005±35.4	532.5±74.3	0.5±0.7	3.42±4.43	1.52±1.53
Muhirimbe	8.75±0.07	1080±99	525±49.5	0.16±0.1	0.82±0.37	1.1±0.85
Nkene	8.25±0.64	821.65±172	400±84.9	1.02±0.89	3.94±4.8	1.05±1.06
Nyamasasa	8.6±0.28	1340±452	515±21.2	0.16±0.21	0.83±0.79	0.95±0.78
Runingi	8.5±0.15	960±35	475±14	0.27±0.7	0.82±2.3	1±1.1
Tchofi	8.8±0.14	1095±261.6	535±134.4	0.1±0.14	0.85±0.29	0.75±0.35
Changwi	8.5±0	1100±0.1	540±0.1	0.3±0.01	1.08±0.01	0.4±0.01

It has been reported that Total Dissolved Solids (TDS) impair water clarity and reduce the passage of light, causing water bodies to heat up rapidly and increasing their heat retention capacity (Environmental Protection Agency, EPA, 2012). High TDS can lead to oxygen depletion, which may result in asphyxiation in the aquatic habitat and reduced abundance of some snail species (Salawu and Odaibo, 2012). Several studies have identified pH values between 5.0 and 9.3 as optimal for the survival of snails (Wanjala et al., 2013; Amoah et al., 2017). Therefore, the pH values recorded in this study were within the tolerance limits of the snail species. The non-significant relationships observed suggest that pH has little influence on snail abundance

and may not be a key determinant of snail abundance in Lake Kivu, as also indicated in the Oyan Reservoir and Babati District in Tanzania (Ofoezie, 1999; Lydig, 2009).

Among the physicochemical variables measured in this study, water temperature appears to be the main determining factor for snail abundance. The positive association between snail abundance and water temperature observed in our study is consistent with findings by other authors (Wanjala et al., 2013; Opisa et al., 2011; Amoah et al., 2017), who noted that water temperature was positively correlated with the abundance of *Biomphalaria pfeifferi* and *Bulinus truncatus*. This suggests that increasing water temperature to tolerable levels may play an important role in the habitat of host snails by ensuring the availability of food and aquatic weeds (Lydig, 2009) and/or enriching the microhabitat of juvenile snails, promoting faster growth and development (Wanjala et al., 2013). Mortality of *Biomphalaria pfeifferi* also increases with rising temperatures. Woolhouse did not establish a distinct relationship between the mortality rate of *Biomphalaria pfeifferi* and temperature, probably because the temperatures recorded in his study ranged from 18 to 25°C (Woolhouse, 1992). Thus, water temperature can be considered a key determinant of *Biomphalaria pfeifferi* abundance, as reported by Opisa et al. (2011). However, the increase in conductivity values likely leads to a decrease in dissolved oxygen, which negatively affects the abundance of snails (Salawu & Odaibo, 2012).

### Snails' infection with *Schistosoma mansoni* larvae

Parasitological investigation of *Biomphalaria pfeifferi*, the intermediate host of *Schistosoma mansoni* in the region, was conducted, and the results are presented in Table 4.

**Table 4.** Parasitology of *Biomphalaria pfeifferi* around Lake Kivu

	<i>Biomphalaria pfeifferi</i>	Parasites	%
Amsar	2		
Birava	5		
Buhozi	85	4	4.71
Ceshero	11		
Changwi	2		
Cibale	36		
Cihembye	2		
Cirhindiro	8		
Ikondero	4		
Kakondo	114		
Kaliba	84	4	4.76
Kasheke	8		
Minova	108	11	10.19
Mubuga	141	1	0.71
Nkene	22		
Nyamasasa	1		

A high rate of infection in *Biomphalaria pfeifferi* snails was recorded at the site located in Minova (10.19%). Four sites in the littoral zone of Lake Kivu contained snails infected with *Schistosoma mansoni*. Some sites contained *Biomphalaria pfeifferi* snails that were not infected. The infection rate in Lake Kivu is lower than the one recorded in the Ruzizi plain, as reported by Baluku et al. (1999). This difference is likely due to the ecological characteristics of the study areas. The high air temperature recorded in Ruzizi is one of the factors contributing to the higher infection rate in snails (Baluku and Bagalwa, 2021).

## Conclusion

Eighteen species of freshwater snails were identified in the littoral zone of Lake Kivu during the survey, including four species known as intermediate hosts of schistosomiasis. The physical structure of the Lake Kivu coastline has an important influence on the density and composition of species communities. Species richness in the different sites varies according to the seasons. High species richness is recorded in the wet season for species such as *Biomphalaria pfeifferi* and *Biomphalaria smithii*, while high species richness for *Bulinus truncatus*, *Gabielle spirilosa*, and *Corbicula* sp. is recorded in the dry season. The highest infection rate of *Biomphalaria pfeifferi* snails was recorded at the site located in Minova. TDS and temperature have been identified as environmental factors limiting the abundance of snail intermediate hosts. Further studies should be conducted to assess the prevalence of trematode infections within the local community surrounding the Lake Kivu catchment.

## Acknowledgements

We wish to express our gratitude to the following: Kalala Olivier for providing the map illustrating the sampling sites; the CRSN/Lwiro for providing the excellent facilities that made this work possible; and the late Prof. Baluku Bajope for providing financial support for field collection.

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

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

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

## References:

1. Abbasi I., Charles H. and Robbert F. S., 2011. Differentiation of *Schistosoma haematobium* from Related Schistosome by PCR

- Amplifying an Inter Repeat Sequence. American Journal of Tropical Medical Hygiene, 79, 590-595. doi: 10.4269/ajtmh.2012.12-0243
2. Abdulkadir F. M., Maikaje D. B. and Umar Y. A. 2017. Ecology and Distribution of Freshwater Snails in Gimbawa Dam, Kaduna State, Nigeria. Nigerian Journal of Chemical Research, 22, 2, 98 – 106. DOI: [10.9734/AJEE/2018/v8i430078](https://doi.org/10.9734/AJEE/2018/v8i430078)
  3. Amoah L. A. O., Anyan W. K., Aboagye-Antwi F., Abonie S., Tettey M. D. and Bosompem K. M. 2017. Environmental Factors and their Influence on Seasonal Variations of Schistosomiasis Intermediate Snail Hosts Abundance in Weija Lake, Ghana. Journal of Advocacy, Research and Education, 4, 2, 68 – 80. <http://www.kadint.net/our-journal.html>
  4. Bagalwa M. and Baluku B., 1997. Distribution des mollusques hôtes intermédiaires des schistosomoses humains à Katana, Sud – Kivu, Est du Zaïre. Méd Trop. 57, 369 – 372.
  5. Bagalwa M., Batumike C., Ndegeyi K., Bashwira S. and Baluku B., 2022. Distribution of snail fauna and its relationship with some physicochemical parameters in aquatic ecosystems of Irhambi Katana and Bugorhe sub-county (Southern Kivu Province, DR Congo). Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 20, 3, 9-20
  6. Bagalwa M., Majaliwa J. G. M., Kansiiime F., Bashwira S., Tenywa M. and Karume, K. 2015. Sediment and nutrient loads into river Lwiro, in the Lake Kivu basin, Democratic Republic of Congo. Int. J. Biol. Chem. Sci., Vol. 9, 3, 1678 – 1690. DOI: [10.4314/ijbcs.v9i3.46](https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i3.46)
  7. Baluku B. and Bagalwa M., 2021. Schistosomiase : Une maladie parasitaire endémique en République Démocratique du Congo. Harmattan, collection études Africaines, 118p.
  8. Baluku B., Bagalwa M. and Basabose K., 1999. Enquêtes malacologique et parasitologique sur la schistosomiase à *Schistosoma mansoni* dans les camps des réfugiés situés dans la plaine de la Ruzizi, Est de la République Démocratique du Congo. Méd. Trop., 59: 39 – 42. PMID: 9612779
  9. Batumike C., Bagalwa M., Ndegeyi K., Baluku B. and Bahizire K. 2014. Contribution à l’inventaire et écologie des espèces des mollusques dulcicole des petits cours d’eau de Lwiro et ses environs, Est de la RD Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies, 7, 1, 298-308. <http://www.ijias.issr-journals.org>
  10. Brönmark C., 1985. Freshwater snail diversity: effects of pond area, habitat heterogeneity and isolation. Oecologia, 67, 127-131. doi.org/10.1007/BF00378463
  11. Brown D.S., 1994. Freshwater snails of Africa and their Medical Importance. London, UK: Taylor and Francis.

12. Dobson A., Kutz S., Pascual M. and Winfree R. 2003. Pathogens and parasites in a changing climate. In L. Hannah and T. Lovejoy (eds.): Climate change and biodiversity: synergistic impacts. Advances in applied biodiversity science 4: 33–38. Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International, Washington DC
13. Environmental Protection Agency, 2012. Total solids: what are solids and why are they important. Retrieved from <http://www.water.epa.gov/type/rsl/.../vms58.cfm>.
14. Genner M. J., Nichols P., Carvalho G., Robinson R. L., Shaw P. W., Smith A. and Turner G. F., 2007. Evolution of a cichlid fish in a Lake Malawi satellite lake. Proceedings of the Royal Society Series B-- Biological Sciences 274. 2249-2257. doi: [10.1098/rspb.2007.0619](https://doi.org/10.1098/rspb.2007.0619)
15. Heino J., 2000. Lentic macroinvertebrate assemblage structure along gradients in spatial heterogeneity, habitat size and water chemistry. Hydrobiologia, 418, 229-242. DOI: [10.1023/A:1003969217686](https://doi.org/10.1023/A:1003969217686)
16. Hosea Z. Y, Ogbogu V. C. and Agbede R. I. S., 1998. Snail distribution and habitat preferences in Zaria area, Nigeria. Paper presented at 22 nd annual conference of The Nigerian Society for Parasitology on the 4<sup>th</sup> -7<sup>th</sup> Nov., 1998 at the University of Benin, Benin City, Nigeria. p. 33
17. Lafferty K. D., 1997. Environmental parasitology: what can parasites tell us about human impacts on the environment? Parasitology Today 13: 251–255. doi: [10.1016/s0169-4758\(97\)01072-7](https://doi.org/10.1016/s0169-4758(97)01072-7).
18. Lydig A., 2009. Factors conditioning the distribution of fresh water pulmonates, *Biomphalaria spp.*, *Bulinus spp.*, and *Lymnea spp.*, in Babati District, Tanzania. Bachelor's Thesis, Södertörn University School of Life Science.
19. Madsen H., 1992. Ecological studies on the intermediate host snails and the relevance to Schistosomiasis control. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro 87: 249–253. doi: [10.1590/s0074-02761992000800039](https://doi.org/10.1590/s0074-02761992000800039).
20. Maquboul A., Aoujdad R., Fadli M. and Fekhaoui M., 2014. Distribution of freshwater snails in the temporary pond of Annasser in Ouergha watershed, Morocco. International Journal of Fisheries and aquatic studies, 2, 3, 18 – 22
21. Mas-Coma S. Valero, M. A. and Bargues M. D., 2009. Climate change effects on trematodiasis, with emphasis on zoonotic fascioliasis and schistosomiasis. Veterinary Parasitology 163: 264–280. doi: [10.1016/j.vetpar.2009.03.024](https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.03.024).
22. Mckillop W.B. and Harrison A.D. 1980. Hydrobiological studies of eastern Lesser Antillean islands. V. St Lucia: freshwater habitats, water chemistry and

- distribution of freshwater molluscs. *Archiv fur Hydrobiologie* 3: 25 1-290
23. Mello-Silva C.C., Vilar M.M., Vasconcellos M.C., Pinheiro J. and Rodrigues M.L.A., 2006. Physiological Changes in *Biomphalaria glabrata* Say, 1818 (Pulmonata: Planorbidae) Caused by Sub-Lethal Concentrations of the Latex of *Euphorbia splendens* var. *Hislopianae* N.E.B (Euphorbiaceae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 101, 3-8.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762006000100002>.
  24. Ofoezie I. E., 1999. Distribution of freshwater snails in the man-made Oyan Reservoir, Ogun State, Nigeria. *Hydrobiologia*, 416, 181-191. DOI: [10.1023/A:1003875706638](https://doi.org/10.1023/A:1003875706638)
  25. Opisa, S., Odiera, M., Walter, G. Z. O., Jura Karanja, D. M. S. and Munjini, R. N. M., 2011. Malocological survey and Geographical distribution of vector snail for Schistosomiasis within informal settlement of Kisumu City, Western Kenya. *Parasites and vector*, 4:226. doi.org/10.1186/1756-3305-4-226
  26. Salawu O. T. and Odaibo A., 2012. Preliminary study on ecology of *Bulinus jousseaumei* in Schistosoma haematobium endemic rural community of Nigeria. *African Journal of Ecology*, 51, 441-446. doi.org/10.1111/aje.12054
  27. Schell S., 1970. How to Know the Trematodes, WMC Brown Co. Publisher, Dubuque, 355 pp.
  28. Schultheib R., Ndeo W. O., Malikwisha M., Marek C., Böbneck U. and Albrecht C. 2011. Freshwater Molluscs of the Eastern Congo: Notes on Taxonomy, Biogeography and Conservation. *African Invertebrates*, 52, 2, 265-284 doi: 10.5733/afin.052.0204
  29. Seehausen O., 2006. African cichlid fish: a model system in adaptive radiation research. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B--Biological Sciences* 273. 1987-1998. doi.org/10.1098/rspb.2006.3539
  30. Sturrock R. F., 1993. The intermediate host and host parasite relationships. In: *Human Schistosomiasis*, (eds) P. Jordan, G. Webbe & R.F. Sturrock, pp. 33-85. CAB International, Wallingford.
  31. Wanjala P. M., Battan M. K. and Luoba I. A. 2013. Ecology of *Biomphalaria pfeifferi* in Budalangi Endemic Focus of Western Kenya. *Research Journal of Biological Sciences*, 8(3), 74-82. DOI: [10.36478/rjbsci.2013.74.82](https://doi.org/10.36478/rjbsci.2013.74.82)
  32. Woolhouse M. E. J., 1992. Population Biology of the Freshwater Snail *Biomphalaria pfeifferi* in the Zimbabwe Highveld. *Journal of Applied Ecology*, 29(3), 687-694. doi.org/10.2307/2404477

33. Yves B. K., Edia E. O., Felix K. K., Cyrille K. N., Dramane D. and Allassana O., 2013. Spatial Distribution Africa pattern of freshwater Mollusks in Me, Agenby and Banco Basin (Ivory Coast; West). *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 2, 12, 146 – 151.