

# European Scientific Journal, *ESJ*

*September 2025*

**European Scientific Institute, ESI**

*The content is peer reviewed*

**ESJ Natural/Life/Medical Sciences**

*September 2025 edition vol. 21, No. 27*

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 Homberger 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 Vuadinovic,**  
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 Voussinas,**  
University of Athens, Greece

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

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

**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,**  
Shamakhy Astrophysical Observatory of the Ministry of Science and Education of the  
Republic of Azerbaijan

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

**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

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

**Marinella Lorinczi,**  
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 Olavegogeascoecchea,**  
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 Gentzoglannis,**  
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,**  
College of Nursing, Qatar University, Qatar

**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

**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

**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

**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

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

**Georges Kpazai,**  
Laurentian University, Canada

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

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

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

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

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

**Natalia Sizachenko**  
Dartmouth College, USA

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

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

**Aelita Skarbaliene,**  
Klaipeda University, Lithuania

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

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

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

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

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

**Claudia M. Dellafoire,**  
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 Brajcic,**  
University of Split, Croatia

**Monica Monea,**  
University of Medicine and Pharmacy of Tîrgu Mureş, Romania

**Belen Martinez-Ferrer,**  
University 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 Borras Pentinat,**  
Rovira i Virgili University, Spain

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Vanya Katsarska,**  
Air Force Academy, 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,**  
Holy Family 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 Guedé, Ivory Coast

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

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

**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

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

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

**Alla Manga,**  
Université 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 Jayewardenepura, Sri Lanka

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

**Khadija Kaid Rassou,**  
Centre Regional des Metiers de l'Education 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 Setifl University, Algeria

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

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

**Nina Stankous,**  
National University, USA

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

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

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

**Elena Hunt,**  
Laurentian University, Canada

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Goran Ilik,**

"St. Kliment Ohridski" University, Republic of Macedonia

**Amir Mohammad Sohrabian,**

International Information Technology University (IITU), Kazakhstan

**Aristide Yemmafouo,**

University of Dschang, Cameroon

**Gabriel Anibal Monzón,**

University of Moron, Argentina

**Robert Cobb Jr,**

North Carolina Agricultural and Technical State University, USA

**Arburim Iseni,**

State University of Tetovo, Republic of Macedonia

**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

**Benie Alo 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 Supérieure (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, Islamabad Pakistan

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

**Elham Mohammadi,**  
Curtin University, Australia

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

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

**Yue Cao,**  
Southeast University, China

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

**Asli Cazorla Milla,**  
Universidad Internacional de Valencia, 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 Tilio 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,**  
Charted 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

**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

**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

**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-Schiopou,**  
University of Craiova, Romania

**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

**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 Khlopotkskyi,**  
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

**Jewaka 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, Morroco

**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,**  
Dnipropetrovsk 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 Esoh 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

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

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

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

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

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

**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

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

**Imad Ait Lhassan,**  
Abdemalek 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 Abdellah 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

**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

**Umut Sener,**  
Aksaray University, Turkey

**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

**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

**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'Education 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

**Odoziobodo Severus Ifeanyi,**

Enugu State University of Science and Technology, Enugu, Nigeria

**Maria Elena Jaime de Pablos,**

University of Almeria, Spain

**Soro Kolotcholoma Issouf,**

Peleforo Gon Coulibaly University, Cote d'Ivoire

**Compaore Inoussa,**

Université Nazi BONI, Burkina Faso

**Dorothee Fegbawe Badanaro,**

University of Lome, Togo

**Soro Kolotcholoma Issouf,**

Peleforo GON COULIBALY University, Cote d'Ivoire

**Compaore Inoussa,**

Université Nazi BONI, Burkina Faso

**Dorothee Fegbawe Badanaro,**

University of Lome, Togo

**Kouakou N'dri Laurent,**  
Alassane Ouattara University, Ivory Coast

**Jalila Achouaq Aazim,**  
University Mohammed V, Morocco

**Georgios Farantos,**  
University of West Attica, Greece

**Maria Aránzazu Calzadilla Medina,**  
University of La Laguna, Spain

**Tiendrebeogo Neboma Romaric,**  
Nazi Boni University, Burkina Faso

**Dionysios Vourtsis,**  
University of West Attica, Greece

**Zamir Ahmed,**  
Government Dehli Degree Science College, Pakistan

**Akinsola Oluwaseun Kayode,**  
Chrisland University, Nigeria

**Rosendo Romero Andrade,**  
Autonomous University of Sinaloa, Mexico

**Belamalem Souad,**  
University Ibn Tofail, Morocco

**Hoummad Chakib,**  
Cadi Ayyad University, Morocco

**Jozsef Zoltan Malik,**  
Budapest Metropolitan University, Hungary

**Sahar Abboud Alameh,**  
LIU University, Lebanon

**Rozeta Shahinaj,**  
Medical University of Tirana, Albania

**Rashidat Ayanbanke Busari,**  
Robert Gordon University, UK

**Tornike Merebashvili,**  
Grigol Robakidze University, Georgia

**Zena Abu Shakra,**  
American University of Dubai, UAE

**Nicolas Serge Ndock,**  
University of Ngaoundere, Cameroon

**Abebe Bahiru,**  
Zhejiang Normal University, China

**Diana Maria Lopez Celis,**  
Jorge Tadeo Lozano University of Bogotá, Colombia

**Fathi Zerari,**  
Souk-Ahras University, Algeria

**Hermann Victoire Feigoudozoui,**  
University of Bangui, Central African Republic

**Omowunmi A. Odeyomi,**  
North Carolina A&T State University, USA

**Daniel Kon Ater,**  
University of Juba, Republic of South Sudan

**Manasvi Hrishikesh Patil,**  
Dr. Vishwanath Karad MIT World Peace University, India

**Steven Thomas Tumaini,**  
College of Business and Education, Tanzania

# Table of Contents:

**Relación entre Engagement Académico y Rendimiento Académico en Estudiantes de Enfermería de una Universidad Pública.....1**

*Maria Guadalupe Ferruzca Hurtado*

*René Rico Sánchez*

*Adriana Martínez Díaz*

*Sarket Gizeh Juárez Nilo*

*Teresa Monserrat Chávez González*

*Ruth Magdalena Gallegos Torres*

**The Implementation of Teaching Models and the Use of Common ICT Tools for Scientific Literacy in Greece's Second.....17**

*Vasiliki Trapali*

*Effie Papageorgiou*

*Christina Fountzoula*

*Petros Karkalousos*

*Maria Trapali*

**Climate and Soil, Factors in the Control of Swollen Shoot Disease.....38**

*Aboudou Karim Diallo*

*Walet Pierre N'Guessan*

*N'Dri Nobert Kouame*

*Kouakou Stanislas Koffi*

*Klotioloma Coulibaly*

*Francoise Gogbe-Dibi Bale*

*Aidara Sekou*

*Kouame Francois N'Guessan*

*Doumbia Mamadou*

**Impacts des pressions humaines, y compris minières, sur la dynamique de l'occupation des sols dans la forêt classée de Bandia (2000-2020).....63**

*Ousmane Cisse*

*Momar Pape Gaye*

*Elhadji Faye*

**Profil virologique de l'infection virale B chronique au Service de Médecine Interne de l'Hôpital National Donka de Conakry.....75**

*D. Diallo*

*M.A. Kanté*

*O. Souaré*

*M.L. Diallo*

*K. Diallo*

*M.S. Diallo*

*A.T. Diallo*

*O. Sow*

*N.B. Doumbouya*

*F.D. Barry*

*D. Sylla*

**Kyste du cholédoque compliqué d'une cirrhose biliaire secondaire chez un nourrisson de 12 mois.....93**

*Folly Amavi*

*Sollim Myriam Talboussouma*

*Yacoub Ahmat Salhadine*

*Roland Kogoe*

*Amivi Alice Donou*

*Sosso Piham Kebalo*

*Missoki Azanledji Boume*

*Gamedzi Komlatsè Akakpo-Numado*

**Facteurs associés à l'occurrence récurrente des épidémies de choléra dans la municipalité de Bujumbura.....103**

*Ménédore Karimumuryango*

*Florence Munezero*

*Olivier Nijimbere*

*Bélyce Nahumuremyi*

**Evaluation de la qualité physico-chimique et de la pollution métallique du lac Guidimouni, site RAMSAR au Niger : impacts sur les organismes aquatiques.....126**

*Abdoullatif Youchaou Tawaye*

*Bassirou Alhou*

*Toudjani Assane Anabi*

**Perception communautaire, production ligneuse et variabilité morphologique des semences d'Acacia mangium Willd. au Sénégal.....148**

*Adja Madjiguene Diallo*

*Khady Diedhiou*

**Etat de connaissances de Banana Bunchy top Virus (BBTV) : Synthèse bibliographique.....165**

*Myrianne-Flore Andeime-Edzang*

*Obiang Abaga*

*Nicaise Lepengue*

*Marie-Line Iskra-Caruana*

**Aspects épidémiologiques des infections sur matériel d'ostéosynthèse à  
HIA Omar Bongo Ondimba à propos de 119 cas.....196**

*A. Mikiela*

*Rodrigue Abiome*

*Cyprien Mba-Mba*

*A.C. Obiang-Enguie*

*J. Moussavou-Mouyombi*

## Relación entre Engagement Académico y Rendimiento Académico en Estudiantes de Enfermería de una Universidad Pública

***Maria Guadalupe Ferruzca Hurtado***

Estudiante en Servicio Social de Licenciatura en Enfermería,  
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

***René Rico Sánchez***

Maestro en Ciencias de Enfermería,  
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

***Adriana Martínez Díaz***

Maestra en Ciencia y Tecnología de los Alimentos,  
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

***Sarket Gizeh Juárez Nilo***

Maestra en Ciencias de Enfermería,  
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

***Teresa Monserrat Chávez González***

Especialidad en Fisioterapia Deportiva,  
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

***Ruth Magdalena Gallegos Torres***

Doctora en Ciencias de la Salud,  
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n27p1](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p1)

---

Submitted: 20 June 2025

Copyright 2025 Author(s)

Accepted: 04 September 2025

Under Creative Commons CC-BY 4.0

Published: 30 September 2025

OPEN ACCESS

---

*Cite As:*

Ferruzca Hurtado, M.G., Sánchez, R.R., Díaz, A.M., Juárez Nilo, S.G., Chávez González, T.M. & Gallegos Torres, R.M. (2025). *Relación entre Engagement Académico y Rendimiento Académico en Estudiantes de Enfermería de una Universidad Pública*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (27), 1. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p1>

---

### Resumen

**Introducción:** El engagement académico del estudiante universitario, con respecto a la carrera de elección, representa repercusiones en el rendimiento académico y, una vez concluida la formación, en el desempeño profesional. **Objetivo:** evaluar la relación entre el nivel de engagement educativo y rendimiento académico en estudiantes de Enfermería.

**Metodología:** estudio transversal, descriptivo, de asociación. Se encuestó a 114 estudiantes de una universidad pública del estado de Querétaro, México, se consideraron ambos sexos, de 2do., a 8vo., semestre, mayores de edad. Se aplicó la Escala Multifactorial de Engagement Educativo, confiabilidad de 0.91; cuenta con 5 factores/dimensiones en 34 reactivos. Se cuestionaron datos sociodemográficos que incluyeron, además de la edad y semestre, promedio académico. El análisis de datos se realizó en el programa SPSS v. 25 se utilizó estadística descriptiva. La asociación de variables se verificó mediante prueba de Chi cuadrada. Fueron tomados en cuenta los aspectos éticos de la investigación en humanos. **Resultados:** los participantes pertenecían a dos planes de estudio distintos. El promedio académico general fue de 8.5 D.E. 0.50. 82.5% fueron mujeres, trabaja y estudia el 41.2%. Para el 52.6%, Enfermería fue su primera elección de carrera. El nivel de engagement fue predominantemente bajo en el factor de gestión para los participantes de ambos planes de estudio y alto en el factor contexto y valores. No se encontró asociación entre las dimensiones de engagement y promedio académico. **Conclusión:** No se encontraron asociaciones relevantes entre engagement y diversas variables, más sí hay diversos puntos de reflexión que pueden apoyar a la formación académica.

---

**Palabras clave:** Estudiantes, Enfermería, Engagement académico, Rendimiento Académico, Educación en Enfermería

---

## Academic Engagement and Academic Performance Relation in Nursing Students from a Public University

***María Guadalupe Ferruzca Hurtado***

Estudiante en Servicio Social de Licenciatura en Enfermería,  
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

***René Rico Sánchez***

Maestro en Ciencias de Enfermería,  
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

***Adriana Martínez Díaz***

Maestra en Ciencia y Tecnología de los Alimentos,  
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

***Sarket Gizeh Juárez Nilo***

Maestra en Ciencias de Enfermería,  
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

***Teresa Monserrat Chávez González***

Especialidad en Fisioterapia Deportiva,  
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

***Ruth Magdalena Gallegos Torres***

Doctora en Ciencias de la Salud,  
Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

---

### Abstract

**Introduction:** University students' academic engagement with their chosen field of study significantly influences their academic performance and, upon graduation, their professional competence. **Objective:** To evaluate the relationship between the level of educational engagement and academic performance among nursing students. **Methodology:** This was a cross-sectional, descriptive, correlational study. Students from a public university in the state of Querétaro, Mexico, were surveyed. The sample included male and female students from the 2nd to the 8th semester, all of legal age. The Multifactorial Educational Engagement Scale was used (reliability coefficient: 0.91), which comprises 34 items across five factors/dimensions. Sociodemographic data were collected, including age, academic semester, and grade point average (GPA). Data were analyzed using SPSS v.25, employing descriptive statistics. The association between variables was assessed using the Chi-square test. Ethical considerations regarding human research were observed. **Results:** A total of 114 students, enrolled in two different academic curricula, participated. The average GPA was 8.5 (SD = 0.50). Of the participants, 82.5% were female, and 41.2% both worked and studied. For 52.6% of students, nursing was their first choice of career. The level of

engagement was predominantly low in the "management" factor across both academic plans, but high in the "context and values" factor. No statistically significant association was found between the engagement dimensions and academic performance. **Conclusion:** No association between engagement and several variables was found, but it was possible to identify reflection points that may help with the academic formation of the students.

---

**Keywords:** Students, Nursing, Academic Engagement, Academic Performance, Nursing Education

## Introduction

El éxito académico de los estudiantes depende de su nivel de dedicación y está influenciado por una combinación de factores internos y externos que pueden favorecer u obstaculizar su progreso (Sarmiento-Martínez et al., 2022).

En la actualidad, el aumento en las tasas de fracaso y abandono de las actividades académicas ha generado una creciente preocupación en todos los niveles educativos. Esto ha llevado a un interés renovado por examinar los factores que contribuyen a este problema complejo y a explorar propuestas de mejora para abordarlo de manera efectiva (Álvarez-Pérez & López-Aguilar, 2021).

El concepto de engagement académico o educativo, se refiere a la capacidad del alumno de experimentar grados elevados de energía, compromiso e inmersión total durante la ejecución de sus tareas académicas. Este estado de compromiso refleja un profundo sentido de dedicación e implicación con su educación y su deseo por aprender (Paredes Pérez et al., 2018).

El engagement tiene sus raíces en la palabra antagónica "Burnout", síndrome de agotamiento, cuyo significado implica el estrés experimentado por las personas que participan en ocupaciones que conllevan una interacción cercana con otros individuos, un concepto inicialmente aclarado por el psicoanalista Freudenberger. Esto también puede manifestarse en personas a las que se les ha confiado la tarea de brindar atención y apoyo a quienes necesitan asistencia y orientación. En el contexto escolar, debido a la exposición recurrente a factores estresantes y la escasez de mecanismos de supervivencia, se puede producir exhaustividad tanto corporal como anímica, de esta manera los estudiantes muestran una mayor fatiga o extenuación emocional y apatía hacia sus actividades, junto con una menor eficacia a la hora de participar en las tareas académicas (Martos et al., 2018).

Al respecto, las investigaciones sobre el engagement se enfocan en dos aspectos: psicológico y pedagógico. La perspectiva psicológica se distingue por la examinación y evaluación de las diversas variables, tanto intrínsecas

como extrínsecas, que afectan a las personas, así como el de las barreras o facilitadores que fomentan o impiden el desarrollo de engagement, es decir, elementos propios de las personas o relativos, como el estado psicológico de los estudiantes, sus estimulaciones y aptitudes iniciales, o en aspectos cognoscitivos, como las habilidades para dirigir la manera en la que se adquiere el conocimiento. El punto de vista pedagógico busca determinar en qué medida las instituciones pueden intervenir para promover o mejorar el surgimiento de engagement mediante la creación e implementación de medidas proactivas tanto a nivel personal como grupal (Colás-Bravo et al., 2021).

El engagement permite evaluar el nivel de dedicación que los estudiantes muestran hacia su trayectoria académica y a su institución educativa, lo que se valora a través de tres dimensiones: vigor, dedicación y absorción. El concepto de engagement académico se ha convertido ahora en un instrumento para los educadores, ya que les permite analizar y abordar diversos desafíos en el aula, como el rendimiento académico y las tasas de abandono escolar. En este sentido, es esencial centrar la educación en torno al desarrollo académico de los estudiantes y enfocarse en aspectos como la motivación, el interés y el bienestar general, de este modo, los educadores pueden integrar estos elementos en el marco educativo y cultivar así un entorno más propicio para que la enseñanza y el aprendizaje prosperen (Sarmiento-Martínez et al., 2022).

Numerosas investigaciones como “Variables académicas y sociodemográficas relacionadas con el Síndrome de Burnout, en estudiantes de Ingenierías y Ciencias de la Salud de una universidad estatal de Colombia” (Ferrel Ortega et al., 2017); “Regulación emocional y burnout académico en estudiantes universitarios de Fisioterapia” (González Cabanach et al., 2011); “Burnout en estudiantes de pregrado de medicina y su relación con variables de personalidad” (Ortega & Ortiz, 2014); “Síndrome de Burnout en estudiantes de Odontología” (Peralta-Ayala & Moya Silva, 2017), y “Burnout en estudiantes de odontología: evaluación a través MVI– versión estudiantes” (Saliba Garbin et al., 2012), tienen por objeto evaluar la prevalencia de este síndrome entre los estudiantes, en particular entre los jóvenes que cursan disciplinas del ámbito de Ciencias de la Salud.

En este contexto, la enfermería es una de las carreras más susceptibles en cuanto a presentar agotamiento, ya que implica enfrentar diariamente situaciones críticas donde la vida de los pacientes se encuentra en riesgo, lo que genera un desgaste tanto físico como emocional (Méndez Beltrán & Botero Carvajal, 2019).

Por lo tanto, desde la formación, los estudiantes de enfermería, deben sentirse conectados y comprometidos con sus estudios. Un alto nivel de compromiso se traducirá en mejores resultados académicos posteriores. A su

vez, estos buenos resultados académicos reforzarán aún más el compromiso de los estudiantes con sus estudios (García Rodríguez et al., 2022).

Por otra parte, el rendimiento académico, es un concepto multifacético que, por naturaleza, puede describirse como la evaluación que se otorga a los logros académicos de los estudiantes universitarios dentro de un campo de estudio específico en comparación con el nivel de conocimiento esperado entre el estudiante y sus compañeros. Esta evaluación también se considera un reflejo de la excelencia de las instituciones de educación superior, ya que abarca varios factores, como los enfoques educativos, el entorno académico, las características poblacionales, la influencia social y psicológica. El método principalmente utilizado por los programas académicos para evaluar el rendimiento académico de sus estudiantes es mediante las calificaciones, que sirven como orientadoras predominantes del rendimiento. Estas calificaciones desempeñan un papel relevante en la estimación del nivel académico de las personas en el entorno universitario (Gutiérrez-Monsalve et al., 2021).

El rendimiento académico de los estudiantes en los centros educativos sirve como una representación del trabajo formativo llevado a cabo por organizaciones educativas. Se emplea como un indicador de calidad importante para las organizaciones escolares de varios niveles, ya que refleja su eficacia y éxito a la hora de impartir conocimientos y habilidades a su población estudiantil. Según un informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), México presenta algunos de los niveles educativos más bajos de la región, como lo demuestra el porcentaje notablemente bajo de adultos de 25 a 34 años con un título de educación superior (22.6%), una cifra significativamente inferior al promedio de la OCDE del 44.1%, y por detrás de países como Chile (29.9%), Colombia (28.1%), Costa Rica (28%), pero más alto que Argentina (18.4%) y Brasil (16.6%) (OCDE, 2019).

Tal como se ha expuesto anteriormente, se debe resaltar que el compromiso de los estudiantes de enfermería, su dedicación, buenas calificaciones y motivación, los conducirán a ser mejores profesionistas, lo cual es indispensable ya que enfermería desempeña un papel protagónico dentro de los sistemas de salud puesto que no solo es el grupo más numeroso, también contribuye de manera significativa a mejorar la salud de la población y mejorar la calidad de los sistemas de salud con un enfoque en las personas. Además, los profesionales de enfermería ayudan a mantener los estándares de prestación de atención médica y garantizan que la atención se centre en las necesidades de las personas (Garcia-Sierra, 2016).

Relacionado con lo anterior, en un estudio realizado por Manzano, (2004), se buscó evaluar el engagement y el burnout en estudiantes universitarios. Para ello, a la población de estudio se les aplicó el cuestionario "Maslach Burnout Inventory-General Survey (MBI-GS)" el cual evalúa el

burnout mediante tres indicadores: agotamiento, cinismo y eficacia académica, mientras que el engagement lo mide a través de tres conceptos: dedicación, absorción y vigor. La muestra estuvo conformada por 1,187 estudiantes de la carrera de Administración y Dirección de Empresas (LADE) de la Universidad de La Rioja, España. Del total, el 34% (404) fueron hombres y el 66% (783) mujeres. La muestra se dividió en dos grupos: el grupo 1 con 1,070 participantes y el grupo 2 con 100 colaboradores. Los resultados indicaron que el grupo 1 presentó un mayor nivel de compromiso u engagement, mientras que el grupo 2 mostró un mayor grado de agotamiento o burnout.

En una investigación de naturaleza descriptiva, correlacional y transversal, se desarrolló una búsqueda dirigida a la población estudiantil que cursaba el programa de Licenciatura en Enfermería en el Centro de Enfermería afiliado a la Universidad de Málaga, ubicada en España. El grupo objeto de estudio estuvo formado por personas que participaban activamente en su segundo, tercer o cuarto año académico dentro del programa. El instrumento utilizado para evaluar el engagement fue el UWES-S con un total de 17 preguntas (versión para estudiantes) agrupadas en 3 dimensiones: vigor, dedicación y absorción que cuenta con una escala del 1 al 6. El cuestionario lo respondieron 170 estudiantes del cual 79% (98) eran mujeres. En los resultados globales se evidenció que los estudiantes tienen un alto grado de compromiso con la carrera que estudian, sobresaliendo las mujeres (García Rodríguez et al., 2015).

Por lo que respecta a estudios realizados sobre engagement en estudiantes de enfermería, Meza Morales et al., (2019), identificaron un nivel medio de engagement en un grupo de 175 estudiantes matriculados en la Universidad de Valladolid, España, lo que refleja una tendencia a dedicar energía, esfuerzo y concentración limitados a sus actividades académicas. Además, los resultados de la investigación indicaron una relación positiva entre el nivel de engagement y el rendimiento académico de los estudiantes universitarios, lo que subraya la importancia de este factor en sus resultados educativos y hace hincapié en la compleja interacción entre el engagement y el bienestar emocional en el entorno universitario.

En la Facultad Tecnológica de la Universidad de Ciencias Médicas de la provincia de Camagüey, Cuba, se llevó a cabo un estudio descriptivo transversal en estudiantes de enfermería, en el cual se empleó la Escala de Engagement Académico (UWES-S). De una población total compuesta por 75 estudiantes que cursaban su segundo año en el programa de Licenciatura en Enfermería, se seleccionó convenientemente un tamaño de muestra de 48 personas para incluirlas en el estudio. Los resultados de la investigación revelaron que prevalecía un nivel alto de dedicación académica entre los estudiantes de segundo año de enfermería (54.17%), 41% se encontraron en

nivel medio y 42% con un nivel de compromiso bajo (García Rodríguez et al., 2022).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la relación entre el nivel de engagement educativo y rendimiento académico de los estudiantes de Enfermería de una institución educativa pública del campus San Juan del Río, en el estado de Querétaro, México, derivado de la intención de verificar la motivación de los estudiantes hacia sus estudios, en un campus que no es el central y con jóvenes inscritos a dos planes de estudios distintos.

## Métodos

Se realizó una investigación transversal, descriptiva y de asociación en los estudiantes de la Licenciatura en Enfermería de una universidad pública del estado de Querétaro, México, donde la carrera se ubica en tres campus: Querétaro, San Juan del Río y Jalpan de Serra. Los datos fueron obtenidos en el campus San Juan del Río, que está a 49 kilómetros de la capital del estado.

El estudio fue sometido a revisión, evaluación y aprobación por el Subcomité de Investigación de la Facultad de Enfermería y por parte del Comité de Bioética, con el numero de registro 632/FE-SI-23-10-24(LE). Se consideró a los alumnos formalmente inscritos en la licenciatura, mayores de edad, de ambos sexos, del 2do al 8vo semestre. Se descartaron a los estudiantes de primer semestre debido a dos aspectos: 1) aún no tienen evaluación de materias y 2) recién se están involucrando en la carrera. En este sentido, se consideró al total de los estudiantes de los semestres ya indicados, con lo que se manejó un muestreo por conveniencia. La información estadística de la universidad indicaba una población de 223 estudiantes, inscritos en el semestre anterior a la recolección de datos.

Para la obtención de la información sobre el fenómeno se utilizó la Escala Multifactorial de Engagement Educativo (EMMEE), que fue creada por Colás-Bravo et al., (2021) y tiene una confiabilidad de 0.91. Dado que la escala aún no ha sido usada en México ésta fue sometida a revisión por un panel de expertos en el campo de la investigación y la enfermería para obtener la validez de contenido y de constructo. Comprende un total de 34 reactivos que se clasifican en 5 factores: motivaciones, valores, contextos de aprendizaje, estado emocional y estrategias de gestión.

Cuenta con una estructuración tipo Likert y ofrece a los encuestados 5 opciones de respuesta a las que se les asignan valores numéricos del 1 al 5, y cada opción de respuesta corresponde a un valor específico: nada (1), poco (2), algo (3), suficiente (4) y mucho (5).

Con respecto al estado emocional, se abordan ocho adjetivos dicotómicos opuestos: frustrado(a) – realizado(a), donde el alumno necesitaba señalar si se encontraba en un valor de 4 o 5 (cercanos a realizado), 3 (neutro) o 1 y 2 (cercanos a frustrado). El valor mínimo en puntaje era de 8 y máximo

de 40. Los valores se clasificaron en tres niveles: alto (27 o más puntos), medio (17 a 26) y bajo (menos de 16).

Una vez que se hizo el acercamiento con las autoridades del campus, los investigadores fueron salón por salón y se consultó con el docente presente la posibilidad de aplicar la encuesta, la cual se manejó en formato impreso, ya que tiene una mejor tasa de respuesta que el usar el cuestionario electrónico. Los objetivos y aspectos generales de la investigación se explicaron al docente y alumnos. Previa recolección definitiva de datos, se realizó una prueba piloto en un grupo la licenciatura del campus Centro Universitario.

La información obtenida se examinó utilizando el programa SPSS versión 25. Se consideró la estadística no paramétrica, donde los aspectos cualitativos se dilucidaron mediante frecuencias relativas y absolutas representadas como porcentajes y frecuencias (%), Fr/n). Se determinó la media y la desviación estándar de las variables continuas. La asociación de variables se realizó mediante prueba de Chi cuadrada ( $\chi^2$ ) categorizando el engagement académico en grupos (alto, integrando los resultados de suficiente y mucho; bajo, integrando los resultados de nada, poco y algo) y categorizando el promedio académico (que se agrupó en alto  $\geq 9.0$ , medio de 8.0 a 8.9 y bajo  $\leq 7.9$ ).

Se consideraron los aspectos éticos de la investigación en humanos. A todos los participantes se les proporcionó consentimiento informado verbal, donde se les instaba a devolver el instrumento si no deseaban formar parte del estudio. No se tomaron datos de identificación como nombre o número de expediente (Secretaría de Salud, 2014).

## Resultados

Se encuestaron a 114 alumnos, excluyendo a aquellos que no estuvieron presentes al momento del levantamiento de datos. Se contó con estudiantes de dos planes de estudios: 65 del plan 2017 (alumnos de 5to a 8vo semestre) y 49 del plan 2023 (alumnos de 2do a 4to semestre). Los datos generales de las variables cuantitativas, se muestran en la tabla 1 y de las variables cualitativas en la tabla 2. Con respecto al comportamiento de las variables por plan de estudios, la información se ubica en la tabla 3.

**Tabla 1.** Descripción de los resultados de las variables cuantitativas de los participantes

Variable	Promedio	D.E.	mínimo	máximo
Edad	21.37	3.1	18	46
Promedio académico	8.5	0.5	6.2	9.5
Materias no acreditadas	0.82	1.2	0	5

Fuente: cuestionario aplicado, 2025

**Tabla 2. Descripción de los resultados de las variables cualitativas de los participantes**

Variable	Indicadores	Frecuencia absoluta	%
Sexo	Hombre	20	17.5
	Mujer	94	82.5
Trabaja	Sí	47	41.2
	No	67	58.8
Estado civil	Soltero	107	93.9
	Casado	4	3.5
	Unión libre	3	2.6
Hijos	Sí	6	5.3
	No	108	94.7
Enfermería como primera opción	Sí	60	52.6
	No	54	47.4
Cuenta con beca	Sí	10	8.8
	No	104	91.2
Gusto por la carrera	Sí	111	97.4
	No	3	2.6

Fuente: cuestionario aplicado, 2025

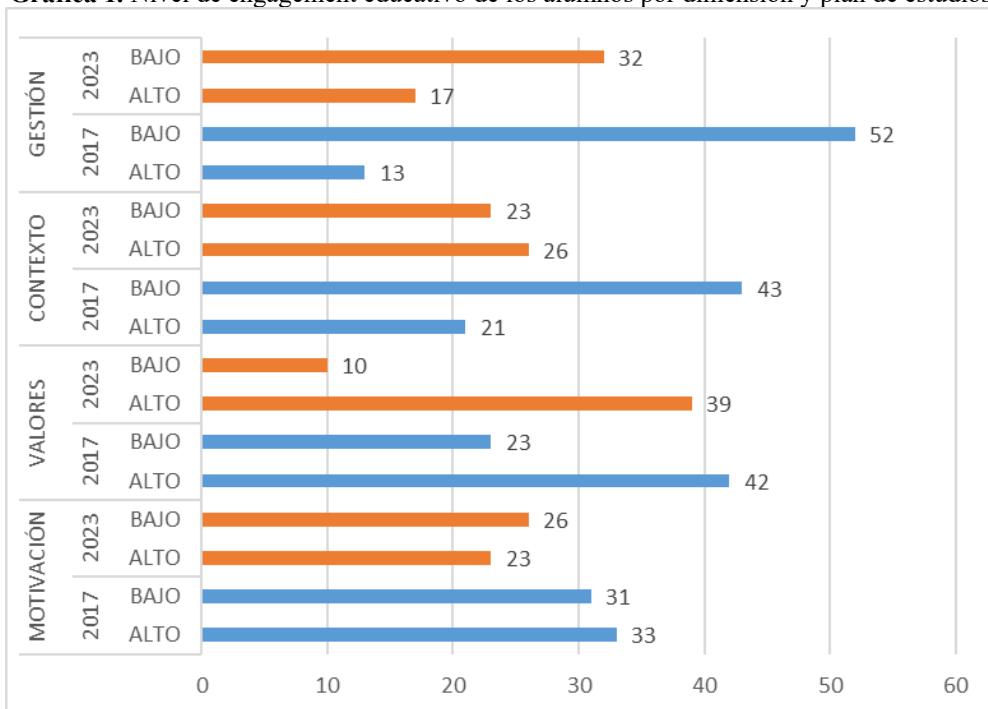
**Tabla 3. Descripción de variables relevantes de los alumnos, por plan de estudios**

Plan de estudios	Variable	Indicadores	Frecuencia absoluta	%	
2023 (n=49)	Sexo	Hombres	13	26.5	
		Mujeres	36	73.5	
	Empleo	Sí	13	22.6	
		No	36	73.5	
	Promedio	≤ 7.9	13	26.5	
		8.0 a 8.9	31	52.5	
		≥ 9	5	10.2	
	Materias reprobadas	Sí (por lo menos 1)	16	32.6	
		Sí	26	53.1	
	Carrera como primera opción	No	23	46.9	
2017 (n=65)		Hombres	7	10.8	
		Mujeres	58	89.2	
Empleo	Sí	34	52.3		
	No	31	47.7		
Promedio	≤ 7.9	1	1.5		
	8.0 a 8.9	53	81.5		
	≥ 9	11	16.9		
Materias reprobadas	Sí (por lo menos 1)	32	49.2		
	Sí	34	52.3		
Carrera como primera opción	No	31	47.7		

Fuente: cuestionario aplicado, 2025

En la gráfica 1 se presenta el resultado del nivel de engagement educativo de los alumnos por dimensión y por plan de estudios.

**Gráfica 1.** Nivel de engagement educativo de los alumnos por dimensión y plan de estudios



Fuente: cuestionario aplicado, 2025

En la dimensión de estado emocional, se encontró que para los alumnos del plan de estudios 2017, el 37% refirió un nivel alto, 58.5% medio y 4.6% bajo. Los estudiantes del plan de estudios 2023 mostraron un nivel alto en un 49%, medio un 49% y bajo un 2%.

Se realizó el cruce de variables entre el plan de estudios, nivel alto o bajo de engagement por dimensión y promedio académico. Los resultados se aprecian en la tabla 4. La asociación de los resultados por dimensión con respecto al plan de estudios se muestran en la tabla 5.

**Tabla 4.** Nivel de engagement por dimensión, presentado por promedio y plan de estudios.

	MOTIVACIÓN					
	BAJO			ALTO		
	P $\geq$ 9.0	P 8.0 a 8.9	P $\leq$ 7.9	P $\geq$ 9.0	P 8.0 a 8.9	P $\leq$ 7.9
P.E. 2017	9.2%	37%	0	7.7%	37%	1.5%
P.E. 2023	2.0	37%	14.2%	8.1%	24.4%	12.2%
VALOR						
P.E. 2017	4.6%	30.7%	0	12.3%	43%	1.5%
P.E. 2023	0	14.2%	6.1%	10.2%	47%	20.4%
CONTEXTO						
P.E. 2017	7.7%	52.3%	1.5%	9.2%	20%	0
P.E. 2023	6.1%	30.6%	10.2%	4.0%	30.6%	16.3%
GESTIÓN						
P.E. 2017	12.3%	60%	1.5%	4.6%	14%	0
P.E. 2023	4.0%	41%	18.3%	6.1%	20.4%	8.1%

Nota. P: promedio; P.E.: plan de estudios; P.E 2017 n=65; P.E. 2023 n=49

**Tabla 5.** Asociación entre plan de estudios y dimensiones del engagement educativo

DIMENSIÓN	Chi <sup>2</sup>	Valor de p
Motivación	.237	.626
Valor	3.04	.081
Contexto	<b>4.68</b>	<b>.030</b>
Gesión	3.11	.078

Fuente: cuestionario aplicado, 2025

No hay asociación entre las dimensiones del engagement educativo y el promedio académico.

## Discusión

Los escasos estudios realizados sobre el fenómeno que se aborda, muestran diversidad en el tipo de carrera considerada, igualmente un instrumento distinto al que se manejó en este estudio, sin embargo, el panorama es similar y refleja si hay compromiso con la profesión o no.

Como parte de sus resultados globales, la investigación que consideró estudiantes de la carrera de Administración y Dirección de Empresas en La Rioja, España, evidenció que uno de los dos grupos que formaron, mostró un mayor nivel de compromiso con los estudios (Manzano, 2004). En relación a esta investigación, los alumnos del plan de estudios 2023 tuvieron un nivel de engagement alto sólo en las dimensiones de contexto y valores; los jóvenes del plan de estudios 2017, en las dimensiones de valores y motivación, lo que refleja que no todas las dimensiones salieron favorecidas.

Relacionado con Enfermería, en 170 alumnos de una universidad de Málaga, España, se aplicó el instrumento UWES-S para valorar el nivel de engagement. 79% de los participantes era mujer y los resultados mostraron un alto grado de compromiso con la carrera (García Rodríguez et al., 2022). Los

resultados difieren con lo evidenciado en esta investigación, donde el 82.5% era mujer y hubo variación en el nivel de engagement por dimensión.

En un estudio realizado en 175 estudiantes de la universidad de Valladolid, en España, el nivel de engagement encontrado fue medio y una relación positiva de dicho resultado con el rendimiento académico (Meza Morales et al., 2019). En esta investigación, no se realizaron correlaciones dado que al buscar asociación entre las variables engagement y rendimiento académico, no hubo tal, por lo que los datos son distintos a lo señalado por Meza-Morales.

En 48 estudiantes de segundo año de la Licenciatura en Enfermería de una universidad de Camagüey, Cuba, se medió la misma variable y los datos reflejaron aproximadamente la mitad de los estudiantes con un compromiso en la carrera, medio y bajo, respectivamente (García Rodríguez et al., 2022). Estos datos difieren a los hallazgos de esta investigación, donde, de manera general, los alumnos se encontraban en niveles de engagement bajo y alto.

## Conclusiones

Los datos encontrados muestran que se alcanzó el objetivo planteado para esta investigación, donde, al no tener un contexto del fenómeno en México, no se planteó una posible hipótesis.

Es evidente que, para el caso de este estudio, los cambios en el plan de estudios de la Licenciatura en Enfermería muestran una dinámica distinta en los alumnos, sin embargo, hay que considerar que los jóvenes del plan 2023 se encuentran a mitad de la carrera y los del 2017 ya cursaron la mayor parte de las materias, es decir, hay diferencias en el número de asignaturas que han tenido los estudiantes de ambos grupos.

El fenómeno estudiado es relevante para considerar algunas variables de mejora de la dinámica académica con los estudiantes del campus, en donde juegan un papel relevante la tutoría académica, los roles de los alumnos, detalles de su situación personal o familiar (nivel económico, conflictos, estado de salud, entre otros).

Llama la atención que para los alumnos de ambos planes de estudios, casi el 50% no eligieron esta como primera opción, lo que a futuro podría influir en el engagement en otro momento de la carrera y por ende, en el desempeño laboral. Para la carrera de enfermería, siempre es complejo comparar cualquier situación entre sexos, debido a la enorme diferencia de proporciones.

A pesar de haber áreas del engagement que sobresalieron en el aspecto favorable, es importante trabajar en todas dado que no se desprecian los valores contrarios que se obtuvieron. Así, es relevante seguir trabajando en pro de la motivación, valores y contexto académico de los alumnos. Ante todo,

el área más débil encontrada fue la gestión de los tiempos y dinámica del alumno con la carrera.

En este sentido, se puede reforzar la investigación considerando la aplicación de escalas ya aprobadas como la de estrés académico, Burnout, entre otras.

**Conflictos de intereses:** Los autores no declararon ningún conflicto de intereses.

**Disponibilidad de los datos:** Todos los datos están incluidos en el contenido del artículo.

**Declaración de financiación:** Los autores no obtuvieron financiación para esta investigación.

**Declaración para los participantes humanos:** Este estudio ha sido aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Enfermería de Universidad Autónoma de Querétaro y cumplió con la Declaración de Helsinki y Código de Nuremberg, se apegó a los puntos planteados en la Ley General de Salud de México.

### References:

1. Álvarez-Pérez, P. R., & López-Aguilar, D. (2021). El burnout académico y la intención de abandono de los estudios universitarios en tiempos de covid-19. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 26(90), 663–689. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v26n90/1405-6666-rmie-26-90-663.pdf>
2. Colás-Bravo, P., Reyes-de-Cózar, S., & Conde-Jiménez, J. (2021). Validación de la escala multifactorial mixta de engagement educativo (EMMEE). *Anales de Psicología*, 37(2), 287–297. <https://doi.org/10.6018/analesps.338741>
3. Ferrel Ortega, F. R., Ferrel Ballesteras, L. F., Cantillo Aguirre, A. A., Jaramillo Campo, J., & Jiménez Suárez, S. M. (2017). Variables académicas y sociodemográficas relacionadas con el Síndrome de Burnout, en estudiantes de Ingenierías y Ciencias de la Salud de una universidad estatal de Colombia. *Psicogente*, 20(38), 336–352. <https://doi.org/http://doi.org/10.17081/psico.20.38.2555>
4. García Rodríguez, J. J., Labajos Manzanares, Ma. T., & Fernández Luque, F. (2015). Los estudiantes de Grado en Enfermería y su compromiso con los estudios. *Enfermería Global*, 14(2), 169. <https://doi.org/10.6018/eglobal.14.2.198261>

5. García Rodríguez, J., Pérez Guerrero, M. C., & Lahera Basulto, M. (2022). Compromiso académico de los estudiantes de licenciatura en enfermería en condiciones de educación a distancia. *Revista Cubana de Enfermería*, 38(1), 1–18. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03192022000100010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03192022000100010)
6. Garcia-Sierra, R. M. (2016). *Engagement en Enfermería* [Universidad Autónoma de Barcelona]. [https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2016/hdl\\_10803\\_392685/rmgs1de1.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2016/hdl_10803_392685/rmgs1de1.pdf)
7. González Cabanach, R., Souto Gestal, A., Fernández Cervantes, R., & Freire Rodríguez, C. (2011). Regulación emocional y burnout académico en estudiantes universitarios de Fisioterapia. *Revista de Investigación En Educación*, 9(2), 7–18. <http://webs.uvigo.es/reined/>
8. Gutiérrez-Monsalve, J. A., Garzón, J., & Segura-Cardona, A. M. (2021). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios. *Formacion Universitaria*, 14(1), 13–24. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000100013>
9. Manzano, G. (2004). Perfil de los estudiantes comprometidos con sus estudios: Influencia del burnout y el engagement. *Anuario de Psicología*, 35(3), 399–415. <https://raco.cat/index.php/AnuarioPsicologia/article/view/61797/88581>
10. Martos, Á., Pérez-Fuentes, M. D. C., Molero, M. D. M., Gázquez, J. J., Simón, M. del M., & Barragán, A. B. (2018). Burnout y engagement en estudiantes de Ciencias de la Salud. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 8(1), 23–36. <https://doi.org/10.30552/ejihpe.v8i1.223>
11. Méndez Beltrán, J., & Botero Carvajal, A. (2019). Agotamiento profesional en personal de enfermería y factores de riesgo psicosocial. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 38(4), 501–511. <https://www.redalyc.org/journal/559/55964256022/55964256022.pdf>
12. Meza Morales, S. N., Zárate Depraect, N. E., & Rodriguez, C. L. (2019). Impacto del aprendizaje basado en problemas en estudiantes de salud humana. *Revista Educacion Medica Superior*, 33(4), 37–47. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21412019000400001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412019000400001)
13. OCDE. (2019). El futuro de la educación superior en México fortalecimiento de la calidad y la equidad. In *Revisión de Políticas Nacionales de Educación*. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2014.13.122>

14. Ortega, M. E., & Ortiz, G. R. (2014). Burnout en estudiantes de pregrado de medicina y su relación con variables de personalidad. *Terapia Psicologica*, 32(3), 235–242. <https://doi.org/10.4067/S0718-48082014000300006>
15. Paredes Pérez, M., Raqui Ramírez, C., Gonzales Peralta, C., & Daza Huanca, J. (2018). Engagement y rendimiento académico en estudiantes de la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional del Centro del Perú. *Prospectiva Universitaria*, 15(1), 213–221.  
<https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2018.15.868>
16. Peralta-Ayala, R., & Moya Silva, T. J. (2017). Síndrome de Burnout en estudiantes de Odontología. *Revista Científica Dominio de Las Ciencias*, 3(1), 432–442.  
<https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.1.432-442>
17. Saliba Garbin, C. A., Saliba, N. A., Reis dos Santos, R., Leal do Prado, R., & Isper Garbin, A. J. (2012). Burnout en estudiantes de odontología: evaluación a través mbi: versión estudiantes. *Medicina y Seguridad Del Trabajo*, 58(229), 327–334.  
<https://doi.org/10.4321/s0465-546x2012000400005>
18. Sarmiento-Martínez, A. M., Moreno-Acero, I. D., & Morón-Castro, C. (2022). Engagement académico : un elemento clave para el éxito académico. *Praxis*, 18(1), 140–157.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21676/23897856.3695>
19. Secretaría de Salud. (2014). *Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud*.  
[https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LGS\\_MIS.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf)

## The Implementation of Teaching Models and the Use of Common ICT Tools for Scientific Literacy in Greece's Second Chance Schools

*Vasiliki Trapali*

*Effie Papageorgiou*

*Christina Fountzoula*

*Petros Karkalousos*

*Maria Trapali*

Department of Biomedical Sciences,  
University of West Attica, Athens, Greece

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n27p17](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p17)

---

Submitted: 20 June 2025

Copyright 2025 Author(s)

Accepted: 07 September 2025

Under Creative Commons CC-BY 4.0

Published: 30 September 2025

OPEN ACCESS

### *Cite As:*

Trapali, V., Papageorgiou, E., Fountzoula, C., Karkalousos, P. & Trapali, M. (2025). *The Implementation of Teaching Models and the Use of Common ICT Tools for Scientific Literacy in Greece's Second Chance Schools*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (27), 17. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p17>

---

### **Abstract**

**Introduction:** In recent decades, numerous studies conducted both in Greece and worldwide highlight the lack of student interest in the natural sciences, which contributes to a broader crisis in scientific literacy - including the knowledge, attitudes, and skills associated with it. Therefore, the search for appropriate teaching models, combined with the use of ICT in the educational process - particularly in the field of adult education, including Second Chance Schools (SCS) - has become a modern educational objective.

**Purpose:** To study and statistically analyze the teaching approaches and ICT tools incorporated into their instruction by Scientific Literacy educators in Greece's SCS, in comparison to their demographic and professional characteristics. **Method:** The research employed a structured questionnaire distributed via email to Scientific Literacy educators in SCS across Greece. The survey focused on three main research question groups. Using factor analysis, correlations among variables were explored, and the most significant ones were further analyzed using the chi-square test.

## **Results:**

- 57.6% of SCS Scientific Literacy educators use the “collaborative teaching” model, with 55.3% of them aged 36–45 ( $p<0.01$ ).
- The “experimental teaching” model is avoided by 76.3% of female educators ( $p<0.05$ ), 84.6% of educators under 35 ( $p<0.01$ ), and 100% of those with little or no teaching experience (0–3 years) ( $p<0.05$ ).
- 39.4% of educators apply inquiry-based teaching; of these, 33.3% are second-subject educators ( $p<0.01$ ).
- Of the 39.4% who apply collaborative learning, 55.3% are aged 36–45 ( $p<0.05$ ).
- 85.7% of educators with minimal or no teaching experience do not use project-based learning ( $p<0.05$ ).
- 48.5% of educators use computers daily, with 56.3% being second-subject educators.
- 62.1% do not use interactive whiteboards, 72.7% of whom are physicists, chemists, or second-subject educators ( $p<0.05$ ).
- 87.8% frequently use the Internet, and 38.1% of those who frequently use educational software apply differentiated instruction ( $p<0.05$ ).
- 66.7% use ICT tools primarily for lesson demonstrations. Of the 47.0% who use ICT to support traditional teaching, 67.7% apply the “traditional teaching” model ( $p<0.01$ ).
- 78.3% of the 34.8% who use experimental teaching use ICT tools for simulation experiments ( $p<0.01$ ).

**Conclusion:** The majority of Scientific Literacy educators in Greece’s SCS do not prefer experimental teaching and mainly use ICT tools for demonstration purposes.

---

**Keywords:** Adult education, Second Chance Schools, Information and Communication Technologies

## **Introduction**

Second Chance Schools (SCS) operate under the philosophy of Adult Education but are classified within the formal secondary education system (Zepke & Leach, 2006). They provide adults aged 18 and above, who have not completed the nine-year compulsory education, the opportunity to continue their studies and obtain a certificate equivalent to that of lower secondary education (Law 2525/97). The duration of attendance is 18 months (two study cycles: A and B), with 25 teaching hours per week. Since 2000, 76 SCS have been established in Greece, including 12 within correctional institutions and 23 satellite units, across the 13 administrative regions. According to the Hellenic Statistical Authority (2001), the areas where SCS operate are classified as: (a) urban (population  $>10,000$ ), (b) semi-urban (population

2,000–10,000), and (c) island/mountainous regions, which, in addition to their geographical features, also have low population density and a high number of small settlements. Recent studies confirm that SCS play a significant role in reducing early school leaving and strengthening employability for vulnerable groups (ReferNet Greece & Cedefop, 2024).

The SCS curricula are not uniform but rather flexible (based on the “Curriculum Specifications for SCS” guide by IDEKE, 2003), in order to address the diverse characteristics of adult learners. In Greece, the programs are founded on the principle of multiliteracies - that is, the idea that modern adults must be literate in multiple scientific domains beyond basic reading, writing, and arithmetic (IDEKE, 2003). Consequently, eight literacies are established: Language, Numerical, ICT, English, Social, Environmental, Scientific, and Aesthetic-Cultural Education. SCS programs aim to combat social exclusion, improve employability, and promote active citizenship in social, economic, political, and cultural life (Prokou, 2009, p. 87), while also familiarizing learners with scientific knowledge applicable to everyday situations (Hurd, 1998). Recent research highlights the importance of scientific literacy for adult learners and proposes structured teaching models specifically adapted for SCS, such as the “2CHANCE” model (Tzampazi & Seroglou, 2023). Choosing an appropriate science teaching model depends on many factors, such as the cognitive content of the lesson and the age and experience of learners (Patapis, 1993).

The most important teaching models in science are:

- Traditional direct instruction
- Experimental teaching
- Project-based teaching
- Inquiry-based learning
- Collaborative learning
- Differentiated instruction

According to the traditional model (knowledge transmission model), the teacher fully controls the learning process, disregards students' preconceptions, and students passively receive new knowledge from the teacher and textbooks (Chalkia, 2012).

Experimental teaching supports cognitive development, introduces students to the scientific method, and fosters a positive attitude toward science (Koumaras, 1998). Especially when experiments are performed by student groups rather than as demonstrations, they contribute to the development of both manual skills - since students handle materials and tools - and social skills - since collaboration is required (Hodson, 1993; Ganiel & Hofstein, 1982).

The project method involves group teaching where all participants decisively contribute, and the learning process is shaped and conducted by

everyone involved (Frey, 1998). Students take initiative, devise strategies to achieve their goals, and learn to gather, classify, evaluate, and use information independently. In contrast to the traditional model, the inquiry-based approach actively engages students in formulating hypotheses, conducting experiments, and engaging in other scientific activities to understand laws and concepts (Kariotoglou, 2006). In collaborative learning, knowledge is achieved through the development of group dynamics, which is a fundamental mission of the school. Learning becomes meaningful through collective action and systematic analysis of direct, experiential learning (Arends, 1994). Collaborative teaching aims to involve students through interpersonal cooperation and dialogue, equipping them to participate in socio-economic life (Katerelos, 1999). Differentiated instruction is an innovative pedagogical approach. It is a philosophy whereby teachers adapt their pedagogical methods to meet the diverse needs of students, acknowledging that "one size does not fit all" (Willis & Mann, 2000).

Over the past decades, Information and Communication Technologies (ICT) have been integrated into education and are considered essential tools for teaching, research, learning, and knowledge acquisition (Tzimogiannis, 2002). ICT includes technologies that allow the processing of various forms of information and the media that transmit them (Komis, 2004) - e.g., computers, software, audiovisual media, networks, interactive whiteboards, educational software, projectors, e-learning platforms, videoconferencing, email, and blogs (Meleisea, 2007). At SCS, ICT is utilized within the framework of digital literacy, aiming to foster positive attitudes and digital competence in learners. However, it is unclear whether ICT is effectively used in other literacy areas covered in the curriculum (Xepalti, Sergounioti & Koulianou, 2011). More recent research suggests that ICT-based, project-oriented approaches can enhance both linguistic and digital literacies in adult learners (Kaziani & Heliades, 2025; Bairaktari & Mavrogonatos, 2024). Additionally, informatics educators at SCS underline the importance of information literacy as an essential component of adult learning (Jimoyiannis & Gravani, 2023). This highlights the need to further document the frequency and modes of ICT usage in the Scientific Literacy instruction process (Nicolaou, 2022; Papathanasiou, 2023).

## **Objectives and Methods**

### **Purpose of the Study**

The main purpose of this study is to explore the teaching approaches and ICT tools selected by Scientific Literacy educators in Greece's Second Chance Schools (SCS), in comparison with their demographic and professional characteristics. The goal is to draw useful conclusions for shaping

a framework of empowerment actions aimed at increasing learners' interest in Scientific Literacy.

Specifically, beyond the research questions related to the demographic and professional profiles of the educators, the following categorized research interests were formulated:

- What teaching models do Scientific Literacy educators use during face-to-face instruction?
- What ICT tools do these educators use, and how frequently?
- In what ways do they utilize ICT tools in the teaching process?

## Study Sample

SCSs were selected from various regions of Greece, categorized as urban, semi-urban, and island/mountainous areas. This classification aimed to identify potential social factors influencing the educators' responses. The final sample consisted of 66 Scientific Literacy educators out of a total of 103 who were invited to participate. The Research was conducted in June 2021.



**Picture 1:** The geographical distribution of the Second Chance Schools (SCS) where the educators who participated in the study were employed during the 2020–2021 school year

**Table 1.** The demographic and professional characteristics of the educators who participated in the study

Gender	Number of participants	Percentage
Male	28	42,4%
Female	38	57,6%
Age Group	Number of participants	Percentage
Up to 35	13	19,7%
36-45	29	43,9%
46-55	19	28,8%
56 and over	5	7,6%
Specialization	Number of participants	Percentage
Physicist	21	31,8%
Chemist	14	21,2%
Biologist	1	1,5%
Geologist	3	4,5%
Other (secondary assignment) <sup>1</sup>	27	40,9%
Highest Degree	Number of participants	Percentage
Bachelor's Degree	20	30,3%
Master's Degree	41	62,1%
Doctorate	5	7,6%
SCS Teaching Experience	Number of participants	Percentage
0-3 years	45	68,2%
4-6 years	13	19,7%
7-9 years	3	4,5%
10 years and over	5	7,6%
Total Teaching Experience	Number of participants	Percentage
0-3 years	14	21,2%
4-6 years	10	15,2%
7-9 years	9	13,6%
10 years and over	33	50%
School Area	Number of participants	Percentage
Urban	33	50,0%
Semi-urban	22	33,3%
Island/Mountainous	11	16,7%
Employment Status	Number of participants	Percentage
Permanent	14	21,2%
Substitute	14	21,2%
Hourly-paid	37	56,1%
Volunteer	1	1,5%
ICT Certification	Number of participants	Percentage
Yes	44	66,7%
No	22	33,3%

57.6% are women, 43.9% belong to the 36–45 age group, and 40.9% teach Scientific Literacy as a secondary (non-primary) assignment. Among those with a primary assignment, 53.85% are physicists. Additionally, 69.7% hold a postgraduate or doctoral degree as their highest qualification, while 68.2% have 0–3 years of teaching experience in Second Chance Schools

(SCS). Half (50%) have more than 10 years of overall teaching experience, 50.0% work in urban-area SCS, and 66.7% hold ICT certification.

<sup>1</sup> “Secondary assignment” refers to educators whose primary specialization is in a different field but who also teach Scientific Literacy to fulfill required teaching hours.

### **Method – Questionnaire Structure – Research Material**

A quantitative research methodology (Creswell, 2015) was followed, using a well-structured online questionnaire (via Google Forms) (Isari & Pourkos, 2015), which was distributed via email to SCSs, with the request that it be completed by Scientific Literacy educators who taught during the 2020–2021 school year. A five-point Likert scale was used (1 = strongly agree to 5 = strongly disagree). The estimated completion time for the questionnaire was approximately 10 minutes.

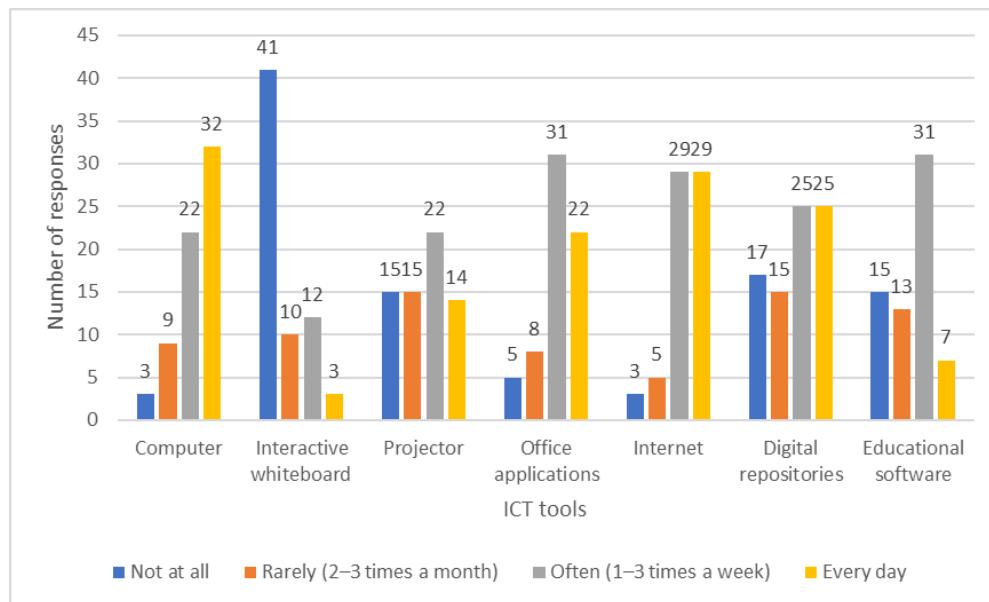
**Table 2:** The research question groups in the questionnaire and the number of items in each category

Question Group	Question Categories	Number of Items
First	Demographic and professional data	10
Second	Scientific Literacy teaching models	6
Third	ICT tools used in Scientific Literacy instruction	5
Fourth	Ways ICT tools are used in the educational process	8

**Table 3.** Teaching models applied by Scientific Literacy educators during face-to-face instruction

Science Teaching Models	N	%
Traditional direct instruction	31	47,0
Experiment-based teaching	23	34,8
Project-based teaching	25	37,9
Inquiry-based science teaching	26	39,4
Collaborative teaching	38	57,6
Differentiated instruction	21	31,8

The majority of educators extensively apply collaborative teaching and traditional direct instruction.



**Figure 1.** The ICT tools used by educators in the teaching of Scientific Literacy and the frequency with which they apply them

**Table 4:** Ways in which Scientific Literacy educators utilize ICT

Ways of Utilizing ICT in the Educational Process	N	%
As a support mechanism for traditional teacher-centered instruction	31	47,0
For presenting lesson material through demonstrations	44	66,7
For learners to search the internet and update their knowledge	36	54,5
To promote collaboration among learners	32	48,5
To promote inquiry-based learning	27	40,9
For conducting simulation experiments	29	43,9
For evaluating learners	19	28,8
For developing higher-order thinking skills among learners	30	45,5

The overwhelming majority of educators use ICT tools primarily for presenting lesson content through demonstration. More than 50% also use them to guide learners in searching for information online and updating their knowledge.

### Validity and Reliability Check

The questionnaire, during its pilot phase, was distributed to 8 Scientific Literacy educators from SCS in Western Greece through face-to-face meetings, once the schools reopened following the COVID-19 outbreak. Necessary clarifications were provided, and the questionnaires were completed in the presence of the researcher. The number of participants was deemed adequate for an unbiased and representative expression of views (Cohen et al., 2008).

The Cronbach's alpha reliability coefficient was calculated to assess the internal consistency of the questions. The reliability scores were:

- First research question group:  $\alpha = 0.76$
- Second:  $\alpha = 0.75$
- Third:  $\alpha = 0.815$

Variables/questions with  $\alpha < 0.3$  were excluded to enhance internal consistency.

## **Data Analysis**

The data were analyzed using SPSS version 27.0 (academic license). Initially, a descriptive statistical analysis was conducted to present the frequency of all questionnaire variables. This was followed by a factor analysis to explore correlations and dependencies among variables across the four question groups. A chi-square statistical test was then applied to identify the most significant associations.

## **Ethics and Deontology**

The Ethics and Deontology Committee of the University of West Attica (Athens) approved the study, which complies with the principles of the Declaration of Helsinki concerning research involving human subjects. Participants were informed that the questionnaire was anonymous and that the data would be used solely for statistical analysis purposes.

## **Results**

Before addressing each research question, the variables/items were analyzed using the factor analysis method. This allowed us to examine the interaction between the variables in terms of their covariance. The focus was placed only on those variables that appeared to play a primary role in the responses to the research questions posed.

## **Teaching Models Applied by Scientific Literacy Educators During Face-to-Face Instruction**

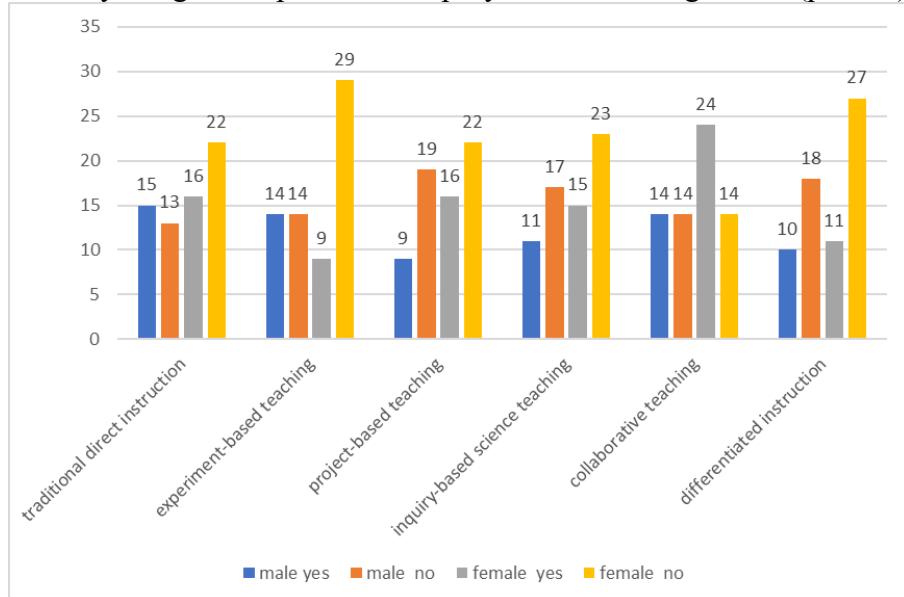
The study explored whether the choice of teaching model applied by Scientific Literacy educators is related to their demographic and professional characteristics (Figures 2, 3, 4, 5, and 6). The differences in responses were statistically significant ( $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ ). Gender, age, field of specialization, and teaching experience all appear to influence the choice of teaching model.

The "experiment-based teaching" model is not chosen by:

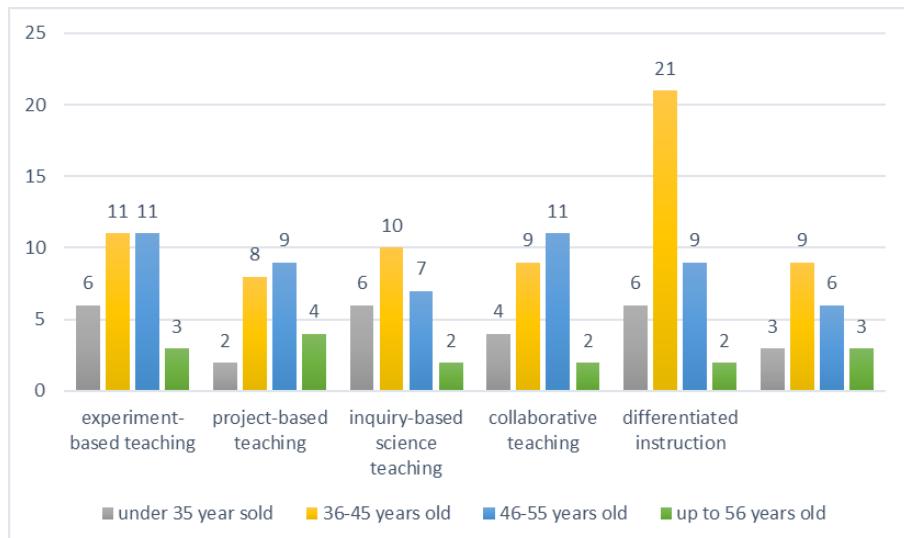
- 76.3% of female educators ( $p < 0.05$ ),
- 84.6% of educators aged 35 and under ( $p < 0.01$ ), and

- 100% of educators with very limited or no teaching experience (0–3 years) ( $p<0.05$ ).

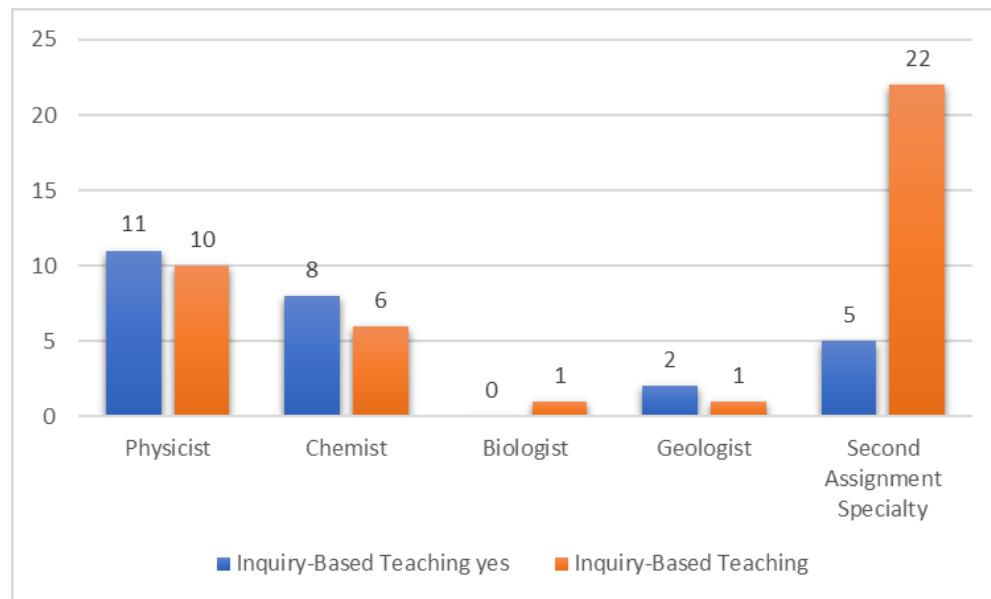
Of the 39.4% of educators who choose collaborative learning, 55.3% are aged 36–45. Additionally, 84.6% of those who teach Scientific Literacy as a secondary assignment prefer the inquiry-based teaching model ( $p<0.05$ ).



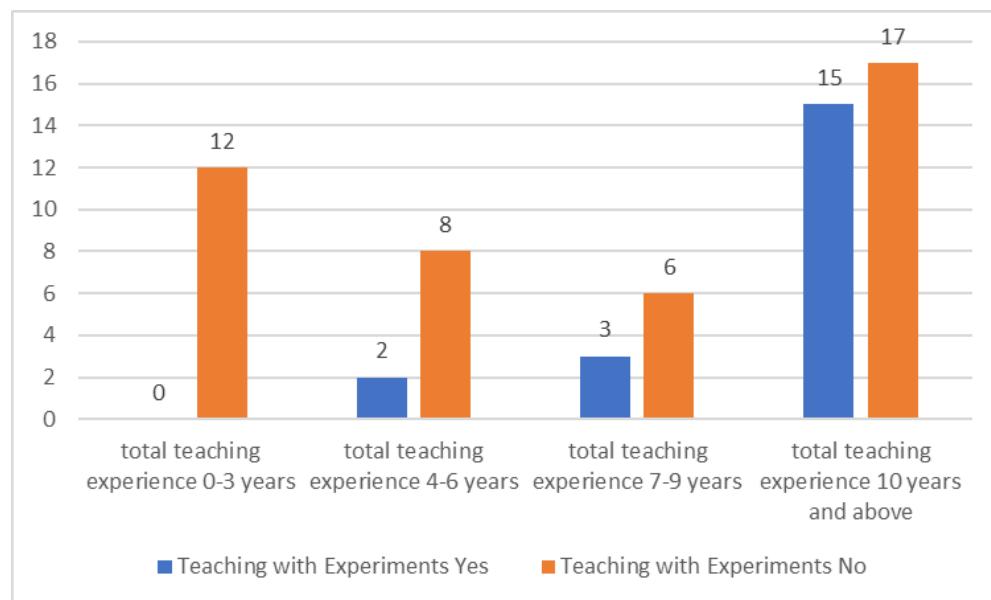
**Figure 2:** The educators' views on the types of teaching models they apply in the context of Scientific Literacy instruction, in relation to their gender. Very few female educators choose the “experiment-based teaching” model ( $p<0.05$ )



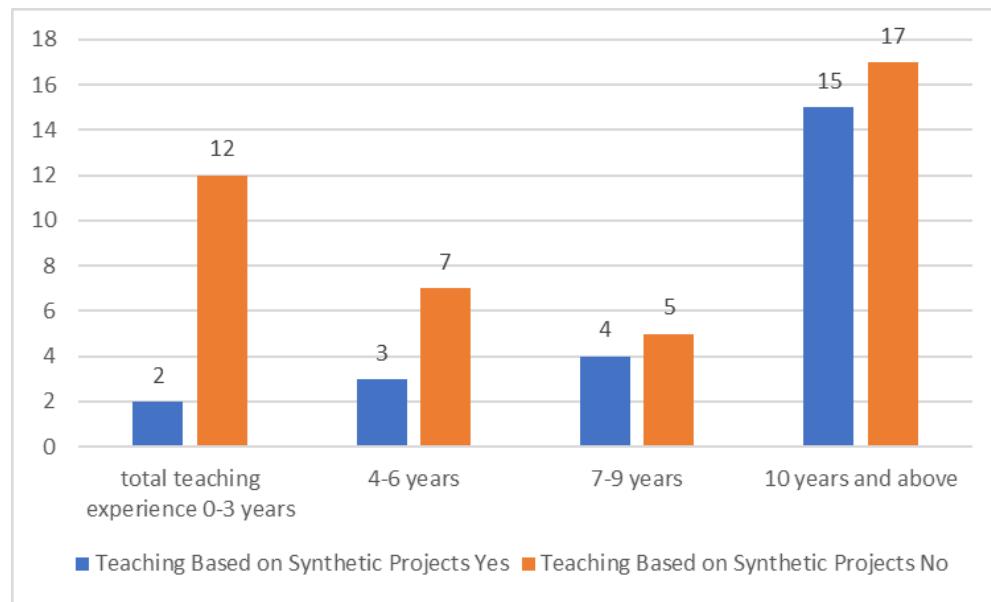
**Figure 3:** The educators' views on the teaching models they apply in relation to their age group. Very few educators aged 35 and under choose the “experiment-based teaching” model ( $p<0.01$ ), whereas the overwhelming majority of those who select collaborative learning are aged 36–45 ( $p<0.01$ )



**Figure 4:** The educators' views on teaching model choices in relation to their field of specialization. The vast majority of educators who apply inquiry-based teaching have Scientific Literacy as a secondary assignment ( $p<0.01$ )



**Figure 5:** The educators' views on their chosen teaching models based on their total teaching experience. None of the educators with 0-3 years of experience use the "experiment-based teaching" model ( $p<0.05$ )

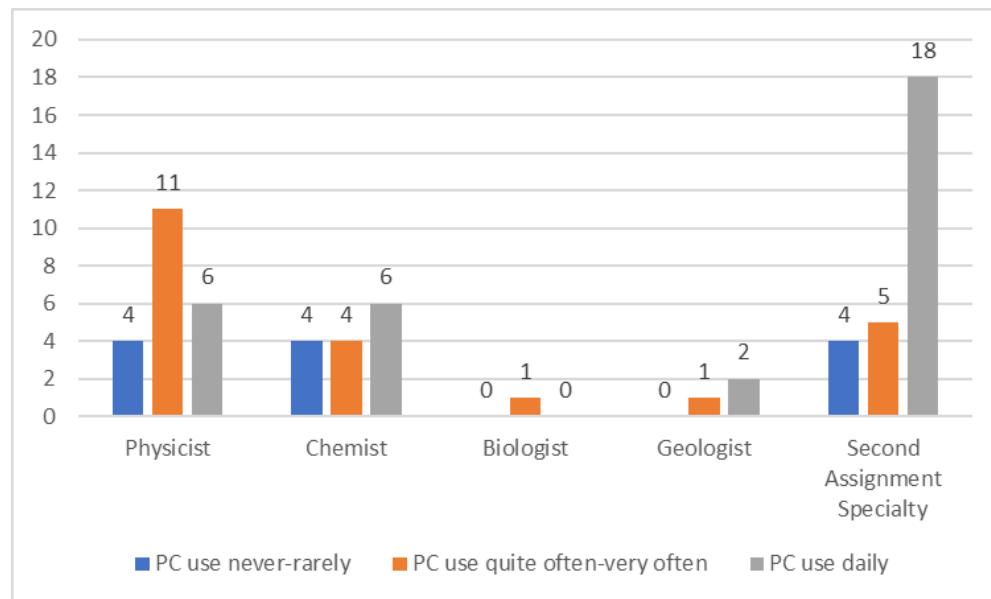


**Figure 6:** The educators' views on teaching model application in relation to their total years of teaching experience. The vast majority of educators with 0–3 years of experience do not implement project-based teaching ( $p<0.05$ )

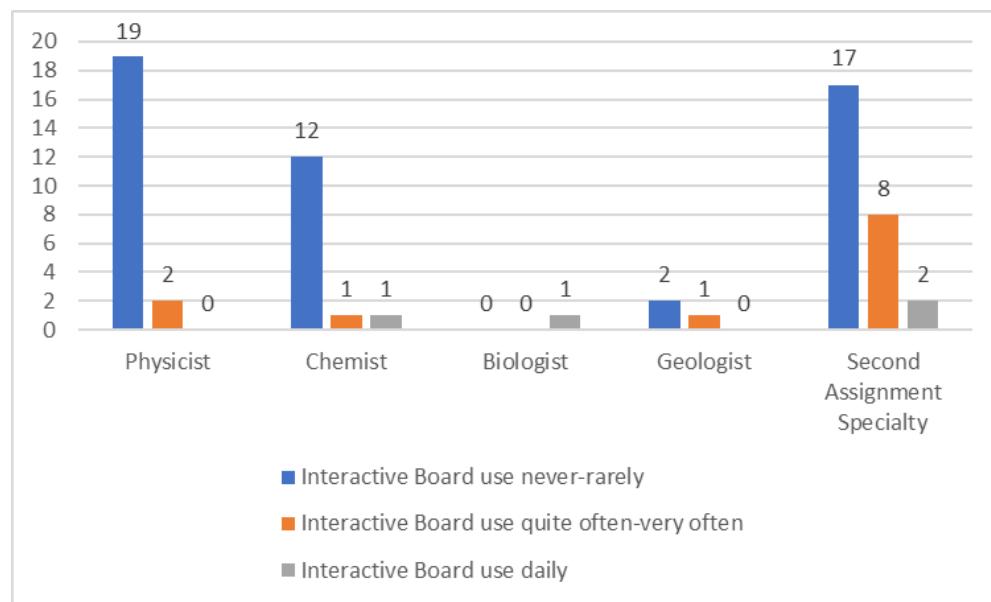
### ICT Tools Used by Scientific Literacy Educators in Their Teaching

The study examined whether the selection and frequency of ICT tool usage by Scientific Literacy educators is associated with their demographic and professional characteristics (Figures 7 and 8). The differences in responses were statistically significant ( $p<0.05$ ). The educators' field of specialization appears to influence their choices regarding ICT tools.

- **66.7%** of educators with a secondary teaching assignment use computers daily in face-to-face instruction ( $p<0.05$ ).
- **72.7%** of physicists, chemists, and secondary assignment educators rarely or never use interactive whiteboards ( $p<0.05$ ).



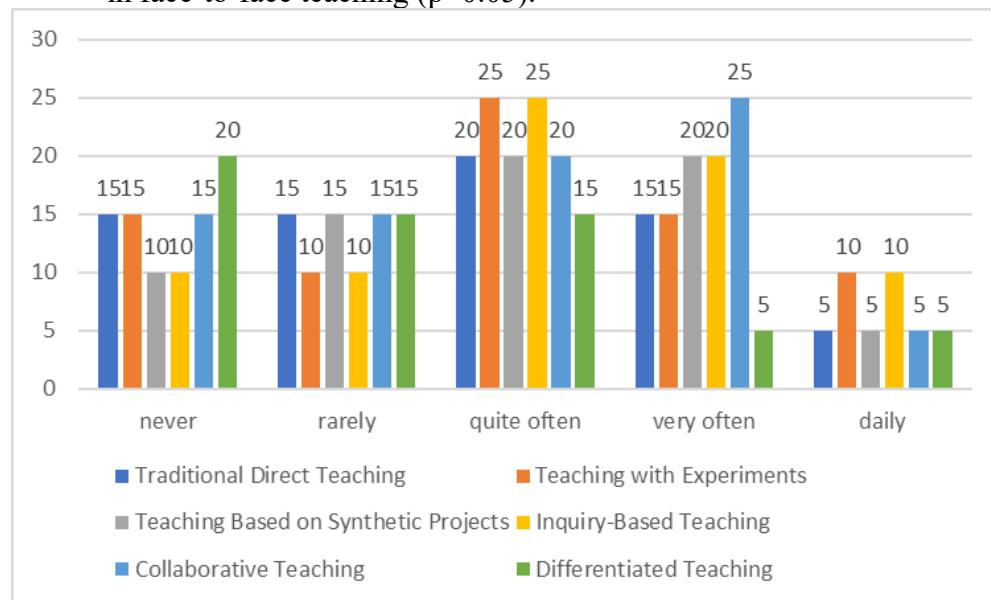
**Figure 7:** Educators' views on the ICT tools they select and the frequency of their integration into Scientific Literacy instruction, in relation to their field of specialization. The overwhelming majority of educators with a secondary assignment use computers daily ( $p<0.05$ )



**Figure 8:** Educators' views on ICT tool selection and usage frequency in relation to their specialization. The vast majority of physicists, chemists, and secondary assignment educators do not use interactive whiteboards at all ( $p<0.05$ )

Additionally, the correlation between teaching models and ICT tools was investigated. The differences in responses were statistically significant ( $p<0.05$ ) (Figure 9).

- Among the **57.6%** of educators who frequently or daily use educational software, **38.1%** apply the differentiated instruction model in face-to-face teaching ( $p<0.05$ ).



**Figure 9:** Frequency of educational software usage in relation to the teaching model. More than half of the educators who use educational software apply the differentiated instruction model

### Results of the Analysis for the Question: "In What Ways Do Scientific Literacy Educators Utilize ICT Tools?"

The correlation between the ways ICT tools are utilized and the demographic-professional characteristics of Scientific Literacy educators was investigated. The educators' field of specialization appears to be related to how ICT is used (Table 5). The differences in responses were statistically significant ( $p<0.01$ ).

**66.7%** of physics educators use ICT tools to conduct simulation experiments ( $p<0.01$ ), while **74%** of educators with a secondary teaching assignment use ICT for presenting lesson material in the form of a demonstration ( $p<0.01$ ).

**Table 5:** Ways of Utilizing ICT in Relation to the Specialization of Scientific Literacy Educators

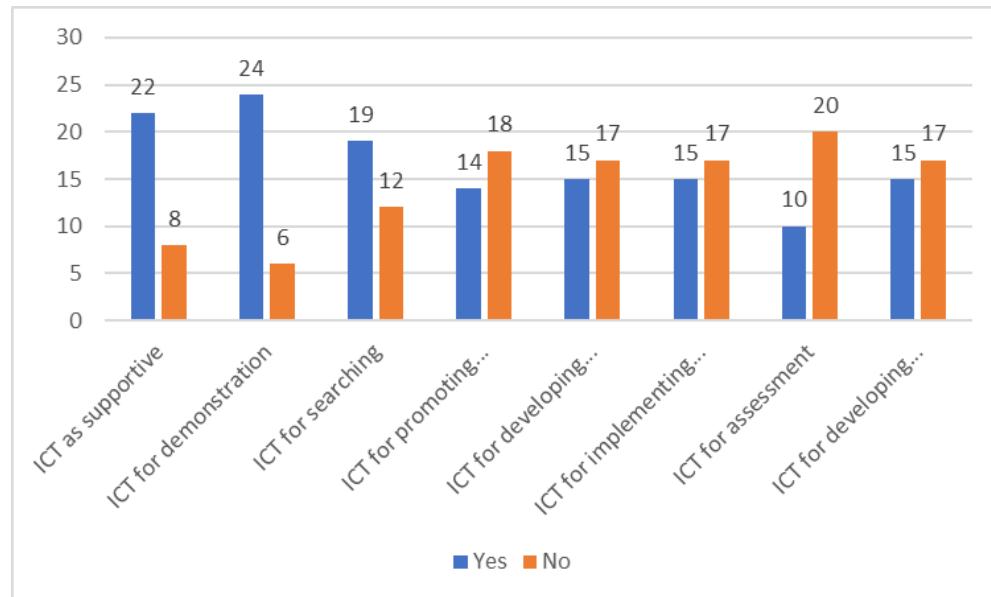
Ways of Utilizing ICT		As a support mechanism for traditional teacher-centered instruction	For presenting lesson material through demonstrations	For learners to search the internet and update their knowledge	To promote collaboration among learners	To promote inquiry-based learning	For conducting simulation experiments	For evaluating learners	για την ανάπτυξη δεξιοτήτων υψηλότερου επιπέδου των εκπαιδευόμενων
Specialization	Physicist (%)	47,6	57,1	57,1	47,6	38,1	66,7	23,8	42,9
	Chemist (%)	64,3	57,1	57,1	35,7	50,0	50,0	35,7	21,4
	Biologist (%)	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,0
	Geologist (%)	66,7	100,0	100,0	33,3	33,3	100,0	33,3	66,7
	Secondary Assignment(%)	33,3	74,1	44,4	59,3	37,0	18,5	25,9	59,3

It appears that the majority use ICT primarily as a support tool for demonstrating instructional material.

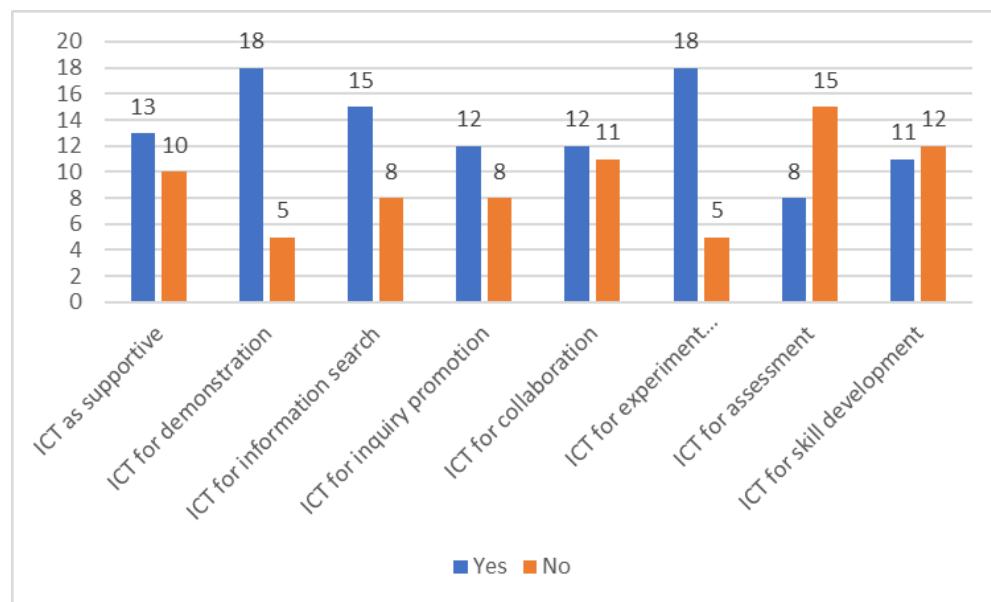
In parallel, the correlation between the ways ICT tools are utilized and the teaching models applied by educators during face-to-face instruction was examined (Figures 10 and 11). The differences in responses were statistically significant (**p<0.01**).

The choice of **traditional teaching** and **experiment-based teaching** models appears to be associated with how ICT is used.

- Among the **47%** of educators who apply the traditional teaching model, **67.7%** use ICT as a **supportive tool for traditional teacher-centered instruction** (**p<0.01**).
- Among the **34.8%** of educators who apply experiment-based teaching, **78.3%** use ICT to **conduct experiments in demonstration form** (**p<0.01**).



**Figure 10: Ways ICT is Utilized by Educators Who Apply the Traditional Teaching Model.** The overwhelming majority of educators who apply the traditional teaching model use ICT as a **supportive tool for traditional teacher-centered instruction** ( $p<0.01$ ).



**Figure 11: Ways ICT is Utilized by Educators Who Apply the Experiment-Based Teaching Model.** The overwhelming majority of educators who apply the experiment-based model use ICT for conducting experiments in demonstration form ( $p<0.01$ ).

## Conclusions

### Teaching Models Applied by Scientific Literacy Educators in Face-to-Face Instruction

Gender, age, specialization, and teaching experience are significantly associated with the teaching model selected by Scientific Literacy educators in face-to-face instruction. The overwhelming majority of women, younger educators (up to 35 years old), and those with little or no teaching experience do not choose the “experiment-based teaching” model. These characteristics suggest that such educators often face difficulties in effectively conveying scientific knowledge to adult learners in SCS, particularly in transforming scientific content into teachable material and selecting, designing, organizing, and using it appropriately (Kariotoglou, 2006). According to Tobin et al. (1994), educators tend to avoid live experimentation in the classroom due to unexpected situations, safety concerns, and their own beliefs aligned with traditional teacher-centered instruction.

More recent studies confirm these findings, highlighting that teachers’ self-efficacy, prior experience, and pedagogical beliefs continue to play a decisive role in the adoption of experimental and active learning practices (Frontiers in Education, 2023; SciELO Brasil, 2023). In fact, the transition to more interactive and experiment-based approaches is still hindered by challenges such as lack of resources, insufficient training, and limited opportunities for professional collaboration (Talafian et al., 2024). Active learning strategies, which include experimentation and inquiry-based tasks, are increasingly promoted as effective ways to engage learners and enhance conceptual understanding, yet many educators remain hesitant to implement them.

Although science education is inherently and reciprocally linked to the inquiry process, its core component - the experiment - is often downgraded due to pressures from exams, grading, curricula, and exercise-based instruction, especially in mainstream education. However, it remains unclear why experimentation is also downgraded in SCS, where both educators and students are free from the pressure of exams or rigid curricula. Preliminary insights suggest that experiments are more often neglected by women, younger educators, and those without teaching experience. Inquiry-based learning is primarily chosen by educators who teach Scientific Literacy as a secondary assignment. It appears that their anxiety to succeed in teaching outside their primary discipline leads them to adopt more exploratory instructional models.

### ICT Tools Used by Scientific Literacy Educators

Educators’ specialization and selected teaching models are significantly associated with the types and frequency of ICT tools used in

Scientific Literacy instruction. The overwhelming majority of physicists, chemists, and educators with a secondary assignment rarely or never use interactive whiteboards - possibly due to inadequate infrastructure and lack of equipment in SCS.

Secondary-assignment educators use computers daily, while educational software is most frequently used by those who apply the differentiated instruction model. Given the increasing integration of ICT in science education - changing goals, teaching methods, and instructional tools (Solomonidou, 1999; Mikropoulos, 2003; Komis, 2005) - one would expect greater variety and frequency in ICT use within Scientific Literacy instruction.

### **Educators' Views on ICT Use**

Most educators use ICT to **present lesson material through demonstration** and to support **student-driven online research**. This suggests that ICT use in SCS Scientific Literacy classes is at a rudimentary stage and is not yet fully integrated into the learning process.

ICT usage is closely related to the chosen teaching model.

- Educators applying traditional instruction use ICT as **support for traditional teacher-centered teaching**.
- Educators applying experiment-based teaching use ICT to conduct **demonstration-style experiments**.

This indicates a preference for the safety of **virtual experiments**, conducted in a controlled and visually appealing computer environment that allows easy, repeatable simulations of phenomena until mastery is achieved.

### **Discussion – Recommendations**

Scientific Literacy educators in Greece's Second Chance Schools are predominantly **female, aged 36–45, hourly-paid, and postgraduate degree holders**, teaching Scientific Literacy as a **secondary assignment**.

The study showed that:

- **Experimentation is downgraded**, and
- **ICT is primarily used for demonstrating content and online information searches**.

### **Practical Recommendations:**

1. **Funding Support** for SCS to equip schools with **fully functional science laboratories, interactive whiteboards, and appropriate digital equipment**, thus encouraging hands-on experiments and broader ICT use.
2. **Targeted training** for Scientific Literacy educators on **effective teaching methodologies** for integrating ICT into educational practice.

**3. Practical training and workshops** on both **live experimental techniques** and **simulation-based experiments** using educational software, including design, implementation, and evaluation.

Finally, in an age of rapid technological advancement and its incorporation into education, SCS should not be left behind, whether due to low funding or a lack of professional development opportunities for its educators. As computer technology evolves, simulations will increasingly resemble real-world experiments, potentially **creating misconceptions** among learners. Thus, continuous research is needed to determine **how and which ICT environments** can most effectively support the teaching of Scientific Literacy.

**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. Arends, R. (1994). *Learning to teach* (3rd ed.). McGraw-Hill.
2. Bairaktari, D., & Mavrogonatos, A. (2024). Interdisciplinarity between information and linguistic literacy in Second Chance Schools. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 4(4), 639–650.
3. Chalkia, K. (2012). *Didaktikí ton fysikón epistimón: Theoría kai práxi* [Didactics of natural sciences: Theory and practice]. Athens: Gutenberg.
4. Frey, K. (1998). *The project method*. Waxmann.
5. Frontiers in Education. (2023). *Investigating interdisciplinary science teaching self-efficacy among pre-service and in-service teachers*. Frontiers in Education, 8, 1147441.
6. Ganiel, U., & Hofstein, A. (1982). Development and application of a conceptually oriented laboratory in physics. *Science Education*, 66(2), 213–223.
7. Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22(1), 85–142.
8. Hurd, P. D. (1998). Scientific literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, 82(3), 407–416.
9. IDEKE. (2003). *Odigós spoudón scholeíon defteris efkairías* [Study guide of Second Chance Schools]. Institute for Continuing Adult Education..

9. Jimoyiannis, A., & Gravani, M. (2023). Information literacy in Second Chance Schools: Views and experiences of informatics educators. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 3(2), 142–155.
10. Kariotoglou, P. (2006). Inquiry-based learning in science education. *Epistimonikó Víma* [Scientific Forum], 6(2), 45–60.
11. Kariotoglou, P. (2006). *I Didaskalía ton Fysikón Epistimón stin Ekpaídefsi Enilikón* [The Teaching of Natural Sciences in Adult Education]. Thessaloniki: Kyriakidis Publications..
12. Katerelos, I. (1999). Collaborative learning and adult education. *Open Education*, 5(1), 33–47.
13. Kaziani, A., & Heliades, G. (2025). Tailoring ICT to adult EFL learners in a Second Chance School. In *INTED2025 Proceedings* (pp. 5612–5619). IATED.
14. Komis, V. (2004). *Eisagogí stis TPE kai tin ekpaideftíki práxi* [Introduction to ICT and educational practice]. Athens: Kastaniotis.
15. Koumaras, P. (1998). Experimental teaching in science education. *Theoría kai Práxi stis Fysikés Epistímes* [Theory and Practice in Science Education], 1(1), 33–41. Law 2525/1997. Government Gazette of the Hellenic Republic, Issue A, 188/23-9-1997.
16. Meleisea, E. (2007). *ICT in teacher education: Case studies from the Asia-Pacific region*. UNESCO.
17. Nicolaou, C. (2022). Information and communications technologies through technology-enhanced learning in adult education: The re-appraisal of the adult educator and the adult learners. In *Research on Technology-Enhanced Learning in Adult Education* (pp. 83–98). Springer.
18. Papathanasiou, M. (2023). Teachers as adult learners: Their need to transform. *Adult Education Critical Issues*, 3(1), 45–58.
19. Patapis, N. (1993). Teaching science to adults: Principles and methods. *Adult Education*, 2(1), 55–66..
20. Prokou, E. (2009). Adult education and social inclusion in Greece: Policies and practices. *European Journal of Education*, 44(1), 87–100.
21. ReferNet Greece, & Cedefop. (2024). *Greece: Second chance schools study reveals strong adult education impact*. European Centre for the Development of Vocational Training.
22. SciELO Brasil. (2023). *Science teaching in times of pandemic: Challenges and opportunities for experimental practice*. Revista Brasileira de Educação, 28, e280025.
23. Talafian, H., Komorek, M., Sommer, C., & Muckenfuß, J. (2024). *Supporting physics teachers in the implementation of open-ended labs: Beliefs and practices in communities of practice*.

24. Tzimogiannis, A. (2002). ICT in education: Trends and perspectives. . *Epistimonikó Víma [Scientific Forum]*, 2(3), 15–28.
25. Tzampazi, A., & Seroglou, F. (2023). The 2CHANCE model: A proposal for scientific literacy in Second Chance Schools. *Adult Education Critical Issues*, 3(2), 21–39.
26. Tobin, K., Tippins, D. J., & Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 45–93). New York: Macmillan.
27. Willis, S., & Mann, L. (2000). Differentiated instruction: An innovative pedagogical approach. *Journal of Curriculum Studies*, 32(2), 237–247.
28. Xepalti, A., Sergounioti, D., & Koulianou, M. (2011). ICT use in adult education: The case of Second Chance Schools in Greece. *Open Education*, 7(1), 57–72.
29. Zepke, N., & Leach, L. (2006). Improving student outcomes in adult literacy and numeracy programmes: A synthesis of research. *Educational Research Review*, 1(2), 99–118.

## Climate and Soil, Factors in the Control of Swollen Shoot Disease

***Aboudou Karim Diallo***

UFR Sciences de la nature, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire  
CNRA, Programme Café-Cacao, Côte d'Ivoire

***N'Guessan Walet Pierre***

***Kouame N'Dri Nobert***

CNRA, Programme Café-Cacao, Côte d'Ivoire

***Koffi Kouakou Stanislas***

CNRA, Programme Café-Cacao, Côte d'Ivoire

UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Côte d'Ivoire

***Coulibaly Klotioloma***

***Gogbe-Dibi Bale Francoise***

***Aidara Sekou***

CNRA, Programme Café-Cacao, Côte d'Ivoire

***N'Guessan Kouame Francois***

CNRA, Direction Régionale de Gagnoa, Côte d'Ivoire

***Doumbia Mamadou***

UFR Sciences de la nature, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n27p38](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p38)

---

Submitted: 14 July 2025

Copyright 2025 Author(s)

Accepted: 30 August 2025

Under Creative Commons CC-BY 4.0

Published: 30 September 2025

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Diallo, A. K., N'Guessan, W. P., Kouame, N. N., Koffi, K. S., Coulibaly, K., Gogbe-Dibi, B. F., Aidara, S., N'Guessan, K. F. & Doumbia, M.(2025). *Climate and Soil, Factors in the Control of Swollen Shoot Disease*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (27), 38. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p38>

---

### Abstract

Swollen shoot is a viral disease of the cocoa tree in the major cocoa-producing areas of West Africa. Its progression can be influenced by several factors, including climate and soil. This study aimed to assess the impact of mealybug vectors, climate and soil on the spread of swollen shoot disease in order to develop more effective control methods. It was done in the counties of Abengourou, Bouaflé, Divo and Soubré. Three plots showing early signs of infection were selected in each department. Thus, 6 concentric lines from a

disease foci in different directions were defined and each line included 9 unaffected cocoa trees. These cocoa trees were tracked for 2 years. The data collection consisted of determining the number of diseased and dead trees as well as the number of colonies of mealybug species on each tagged cocoa plant. In addition, composite samples were taken in the 0–60 cm stratum of each plot to determine the texture, composition of organic matter and soil chemicals. Then, climate data, rainfall and temperature were collected over the observation period. The variance analysis indicated homogeneity between the dry and wet seasons, between clay-silt and clay-sandy soils, and between soils low in organic matter and those with acceptable organic matter, in terms of disease effects and mealybug populations. However, in the dry season, the Pearson correlation was significant between these variables in the departments. It was also significant between the level of sand, potassium (K<sup>+</sup>), magnesium (Mg<sup>2+</sup>), and exchangeable phosphorus contents, and the pH according to the textures studied and the soils poor in organic matter. Water deficit, soil texture, organic matter and nutrients of the cocoa tree are the factors that impact the spread of swollen shoot disease. These factors can therefore be used to implement an effective measure to combat swollen shoot disease.

---

**Keywords:** Cocoa, Swollen shoot, climate, soil, Mealybugs

## Introduction

Côte d'Ivoire, the world's largest cocoa producer since the 1977-1978 season, has been under severe pressure from swollen shoot disease since the resurgence of the disease in 2003 in the orchard (Kébé et N'guessan, 2003). Indeed, the swollen shoot was first described in 1943 in the eastern cocoa-producing areas of Côte d'Ivoire. However, the damage of the disease was significant only from 2003, when it reappeared in the Ivorian orchard.

Swollen shoot disease, also known as cocoa twig swelling disease, remains a major challenge for cocoa farming. This disease, transmitted by several species of mealybugs, can potentially reduce yield by about 30% to 50% and even cause the death of cocoa trees within 2 to 3 years after infection (Muller, 2016). Although it was first identified in Ghana (Steven, 1936), the disease is now widespread in all major cocoa-producing countries in West Africa.

The swollen shoot is now considered a formidable threat to cocoa crops in Côte d'Ivoire, where it contributes significantly to the decline in production and the mortality of affected trees (Kouakou, 2014). According to Aka *et al.* (2020), from 2008 to 2016, the prevalence of swollen shoot disease was estimated at 19.51% with 19 out of 24 infected regions encompassing 83 departments and 40,680 farms. To date, the disease has led to the

disappearance of several cocoa plots in the major production zone of Côte d'Ivoire. This reflects the strong pressure of this disease on Ivorian cocoa farming. In addition, one of the consequences of this disease is that Ivorian cocoa production, which reached 2 million tons in the 2016-2017 season (ICCO, 2019), is now 1.6 million tons during the 2023-2024 season (ICCO, 2025).

Several biotic and abiotic factors help explain the spread of swollen shoot disease in the orchard. However, the interactions between these factors and disease are not well defined. Thus, the study of the dynamics of vectors, in particular mealybugs, the effect of soil nutrition and climatic parameters on the epidemiology of the disease is necessary (Ameyaw *et al.*, 2023).

The purpose of this study is to determine the impact of scale vectors, climate and soil on the spread of swollen shoot disease to develop more effective control techniques.

## **Materials and methods**

### **Materials**

### **Study site**

The study was done in the counties of Abengourou, Bouaflé, Divo, and Soubéré.

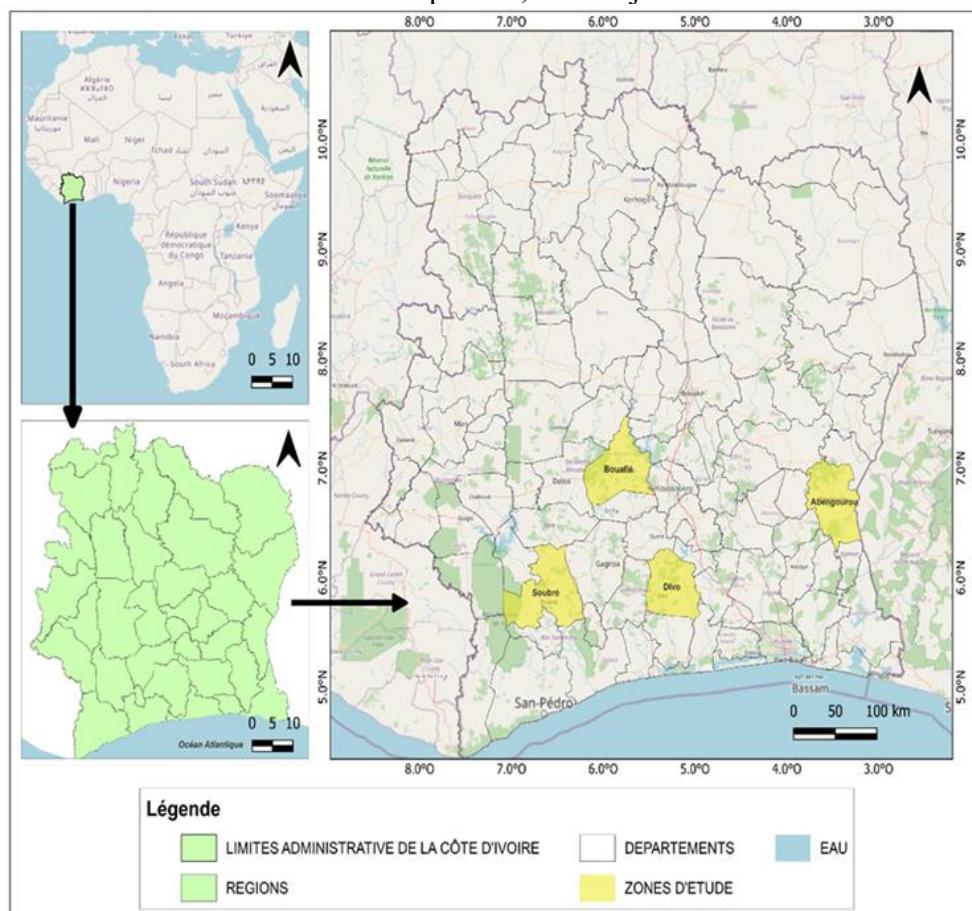
The county of Abengourou is in the east of Côte d'Ivoire (Figure 1) between latitudes 5°45 and 7°10 North and longitudes 3°10 and 3°50 West (Aka *et al.*, 2013). It belongs to the domain of the dense humid forest. The climate is sub-equatorial, hot and humid with an average temperature of 26 °C. Precipitation is estimated to average 1,200 mm of rain per year (Aka, 2010). It is the former flagship area of cocoa cultivation and is now distinguished by aging plantations. It was also in this region, more precisely in Sankadiokro and Kongodia (county of Agnibilékrou), that the swollen shoot disease was detected for the first time in Côte d'Ivoire (Alibert, 1946).

The county of Bouaflé is located in the central-western part of Côte d'Ivoire (Figure 1) between longitudes 5°45 and 5°47 west and latitudes 6°57 and 7°00 north. It lies between the mesophilic and ombrophilic climate zones of the Guinean domain (Diomandé *et al.*, 2014). The average annual rainfall fluctuates around 1150 mm, with a temperature that varies from 25.2 to 26.5°C per year. The department of Bouaflé is an essentially agricultural region with good cocoa production. However, the resurgence of swollen shoot disease in 2003 led to considerable losses in cocoa production in this region (Kébé & N'Guessan, 2003).

The county of Divo (5°50'29.54 N and 5°21'45.19 W) is located in the South-West region of Côte d'Ivoire (Figure 1). It is subject to a humid sub-equatorial climate with an average annual rainfall of 1,400 mm and an average temperature of 26 °C. This area is also marked by the ageing of cocoa orchards

and the decrease in soil fertility (Aka *et al.*, 2013; Yao *et al.*, 2014). According to Koua *et al.* (2018), the swollen shoot disease is becoming a concern for cocoa farmers in the department of Divo.

The county of Soubré is located on the south-western side of Côte d'Ivoire (Figure 1) between latitudes 5°19 and 6°34 N and longitudes 6°12 and 7°08 W. This region records annual rainfall of between 1,600 mm and 1,800 mm with temperatures between 26 to 32°C during the year (Yao *et al.*, 2014). During the 1970s and 1980s, cocoa farming experienced remarkable growth, expanding into new pioneer areas, forming what is known as the "New Cocoa Loop" (Aka *et al.*, 2013). However, this region faces two serious threats: swollen shoot disease and brown pod rot, two major cocoa diseases.



**Figure 1:** Different counties of study

## Plant material

The plant material came from farmers' cocoa trees (Figure 2) in the counties of Abengourou, Bouaflé, Divo and Soubré.



Figure 2: Cocoa trees in farmers' plots affected by swollen shoot

### Animal material

The animal material consisted of classified mealybug species in this study into two groups according to their frequency of observation, described by several authors including N'Guessan (2021) and N'Guettia *et al.*, (2022). Thus, group 1, the most abundant, was composed of the species *Formicococcus njalensis* (Figure 3A), *Planococcus citri* (Figure 3B) and *Ferrisia virgata* (Figure 3C) and group 2 was composed of the species *Pseudococcus longispinus* (Figure 3D), *Phenacoccus hargreavesi* (Figure 3E), *Dysmicoccus brevipes* (Figure 3F) and *Planococcus kenyae* (Figure 3G).

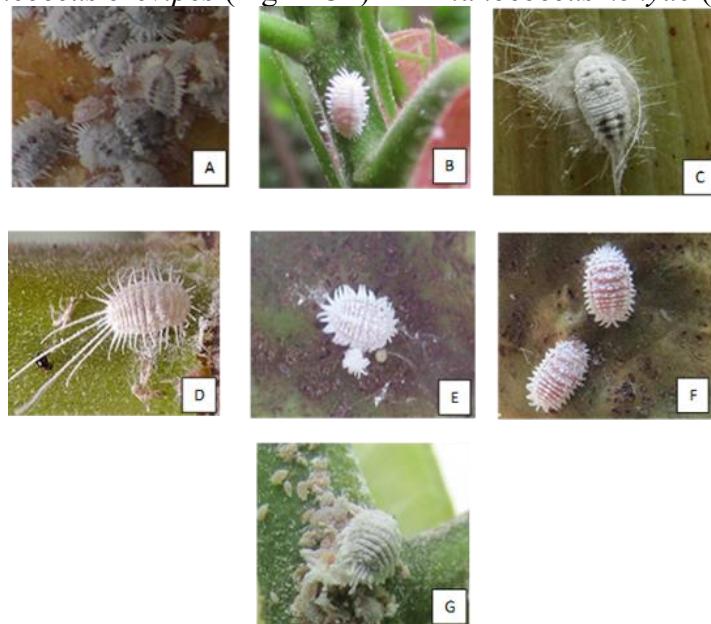


Figure 3: List of mealybug species (N'Guessan, 2021)

## Methods

### Experimental design

The impact of climate on the spread of swollen shoot disease and the dynamics of mealybug species was studied using a Fisher block approach across seasons in each department. Two seasons (dry and wet) were studied four times, following quarters of two consecutive years.

The study of soil interaction in the spread of swollen shoot disease and in the dynamics of mealybug species was a survey in which questionnaires focused on soil texture and organic matter content.

### Preparation of the study

Three (03) plots were chosen based on accessibility and the characteristic presence of symptoms of swollen shoot disease in four departments. In each plot, a nascent outbreak was identified and monitored for two (02) years to study the progression of the disease. In addition, six (06) concentric lines of unaffected cocoa trees extending from the site in various directions around it were identified. On each line, 9 cocoa trees were tagged and monitored for two years. The choice of the number of plots, lines and cocoa trees was intended to cover the counties and plots respectively and to ensure statistical robustness.

### Data Collection

The collected data focused on the dynamics of the disease and mealybug species, rainfall and temperature, and soil parameters. Disease dynamics data were collected quarterly, while mealybug data were collected monthly. They consisted of determining the presence of symptoms of the disease and counting the number of mealybug colonies on each marked cocoa plant. Affected and dead cocoa plants, and the number of mealybug colonies, were noted. Healthy cocoa trees had a score of 0 and sick or dead ones had a score of 1.

At ground level, composite samples were collected from the 0–60 cm stratum of each plot. These samples were analysed in the laboratory. These analyses focused on the texture and composition of soil organic matter. Thus, the soils were studied according to the content of sand, clay and silt and their level of organic matter.

Rainfall and temperature data for each department were provided by the specialised unit in climatological studies of the National Center for Agronomic Research (CNRA). These data allow to obtain a breakdown of the dry and wet seasons of each city. These seasons were divided into quarters according to the annual values of favorable rainfall for the cocoa tree. For Brou *et al.* (2003), a quarter is considered dry for cocoa cultivation when the rainfall is less than 300 mm of water. Similarly, above 300 mm of water, the trimester

is considered to be wet. Thus, over the two years of study, quarters 1, 4, 5 and 8 were dry while quarters 2, 3, 6 and 7 were wet.

## Data analysis

The data collected was processed by Microsoft Excel 2016. These data were then analysed using variance analysis to assess the significance between seasons, soil types, and organic matter levels for the number of colonies of mealybug species and the effects of disease. Means were separated using the Student-Newman-Keuls test at the 5% threshold. Pearson correlations have been determined between these parameters. All these analyses were performed using SAS 9.4 software.

## Results

### Relationship between mealybug species and the effects of swollen shoot disease based on the climate in the county of Abengourou

Variance analysis revealed no significant differences between the dry and wet seasons for the number of colonies of Group 1 mealybug species ( $P = 0.55$ ) (*F. njalensis*, *P. citri* and *F. virgata*), the number of colonies of Group 2 scale species ( $P = 0.13$ ) (*P. longispinus*, *P. hargreavesi*, *D. brevipes* and *P. kenyae*), the number of affected ( $P = 0.61$ ) and dead ( $P = 0.08$ ) cocoa trees in the county of Abengourou (Table 1).

**Table 1:** Comparison of dry and wet periods for the number of mealybug colonies and the number of affected and dead cocoa trees in the county of Abengourou

Seasons	Group 1 of mealybug species	Group 2 of mealybug species	Number of cocoa trees affected	Number of dead cocoa trees
Wet	$37.83 \pm 4.42a$	$1.50 \pm 0.48a$	$3.58 \pm 1.69a$	$0.00 \pm 0.00a$
Dry	$44.00 \pm 6.78a$	$0.58 \pm 0.41a$	$5.50 \pm 2.35a$	$0.33 \pm 0.18a$
P	0.55	0.13	0.61	0.08
Mean	40.91	1.04	4.54	0.09
CV	24.32	50.58	79.68	27.04

Means with the same letter in the same column are not significantly different at the 5% threshold.

In addition, in the dry season, the Pearson correlation was significant and positive between group 1 mealybug species and the number of affected ( $r=0.66$ ;  $P=0.01$ ) and dead ( $r=0.61$ ;  $P=0.03$ ) cocoa trees. In the same dry season, the number of dead cocoa trees was significantly and positively related to the number of group 2 mealybug species ( $r=0.74$ ;  $P=0.005$ ) and the number of affected cocoa trees ( $r=0.75$ ;  $P=0.004$ ) (Table 2).

**Table 2: Correlation between dry period variables in the county of Abengourou**

	Group 1 of mealybug species	Group 2 of mealybug species	Number of cocoa trees affected	Number of dead cocoa trees
<b>Group 1 of mealybug species</b>	1			
<b>Group 2 of mealybug species</b>	0.50	1		
<b>Number of cocoa trees affected</b>	<b>0.66*</b>	0.37	1	
<b>Number of dead cocoa trees</b>	<b>0.61*</b>	<b>0.74*</b>	<b>0.75*</b>	1

\*Significant correlation at  $P=0.05$

On the other hand, in the wet season, no link was found between the variables studied ( $P>0.05$ ) (Table 3)

**Table 3: Correlation between variables in the wet period in the county of Abengourou**

	Group 1 of mealybug species	Group 2 of mealybug species	Number of cocoa trees affected	Number of dead cocoa trees
<b>Group 1 of mealybug species</b>	1			
<b>Group 2 of mealybug species</b>	0.45	1		
<b>Number of cocoa trees affected</b>	0.42	-0.004	1	
<b>Number of dead cocoa trees</b>	x	x	x	1

X : correlation not calculated due to zero values for the number of dead cocoa trees

### **Relationship between mealybug species and the effects of swollen shoot disease based on the climate in the county of Bouaflé**

Variance analysis showed a significant difference between the wet and dry seasons for the number of colonies of Group 1 mealybug species ( $P=0.005$ ) (*F. njalensis*, *P. citri* and *F. virgata*) and the colony number of Group 2 mealybug species ( $P=0.04$ ) (*P. longispinus*, *P. hargreavesi*, *D. brevipes* and *P. kenyae*) in the county of Bouaflé. For these mealybugs, the dry season had the highest values with 54.50 colonies for group 1 and 3.91 colonies for group 2. On the other hand, the variance analysis showed no significant difference between the dry and wet seasons for the number of affected ( $P=0.84$ ) and dead ( $P=0.32$ ) cocoa trees (Table 4).

**Table 4:** Comparison of dry and wet periods for the number of colonies of mealybug species and the number of affected and dead cocoa trees in the county of Bouaflé

Seasons	Group 1 of mealybug species	Group 2 of mealybug species	Number of cocoa trees affected	Number of dead cocoa trees
<b>Wet</b>	25.16 ± 4.63B	0.08 ± 0.08B	11.83 ± 3.31a	0.00 ± 0.00A
<b>Dry</b>	54.50 ± 8.42a	3.91 ± 2.10a	13.16 ± 3.67a	0.16 ± 0.16a
<b>P</b>	0.005	0.04	0.84	0.32
<b>Means</b>	39.83	2.00	12.50	0.08
<b>CV</b>	33.82	83.07	52.87	23.99

Means with the same letter in the same column are not significantly different at the 5% threshold.

In the dry season, the Pearson correlation was significant and positive between group 2 mealybug species and the number of affected cocoa trees ( $r=0.56$ ;  $P=0.05$ ) in Bouaflé (Table 5).

**Table 5:** Correlation between dry period variables in the county of Bouaflé

	Group 1 of mealybug species	Group 2 of mealybug species	Number of cocoa trees affected	Number of dead cocoa trees
<b>Group 1 of mealybug species</b>	1			
<b>Group 2 of mealybug species</b>	-0.40	1		
<b>Number of cocoa trees affected</b>	-0.03	<b>0.56*</b>	1	
<b>Number of dead cocoa trees</b>	0.37	-0.17	0.34	1

\* Significant correlation at 0.05

However, in the wet season, no link was found between the parameters assessed ( $P>0.05$ ) (Table 6).

**Table 6:** Correlation between variables in wet periods in the county Bouaflé

	Group 1 of mealybug species	Group 2 of mealybug species	Number of cocoa trees affected	Number of dead cocoa trees
<b>Group 1 of mealybug species</b>	1			
<b>Group 2 of mealybug species</b>	-0.12	1		
<b>Number of cocoa trees affected</b>	-0.11	-0.19	1	
<b>Number of dead cocoa trees</b>	x	x	x	1

X: correlation not calculated due to zero values of the number of dead cocoa trees

## Relationship between mealybug species and the effects of swollen shoot disease based on the climate in the county of Divo

In Divo County, the variance analysis showed no significant difference between the dry and wet seasons for the number of colonies of group 1 mealybug species ( $P=0.42$ ) (*F. njalensis*, *P. citri* and *F. virgata*), the number of colonies of group 2 mealybug species ( $P=0.31$ ) (*P. longispinus*, *P. hargreavesi*, *D. brevipes* and *P. kenyae*) and the number of cocoa trees affected ( $P=0.96$ ) and dead ( $P=0.84$ ) (Table 7).

**Table 7:** Comparison between dry and wet periods for the number of colonies of mealybug species and the number of affected and dead cocoa trees in the county of Divo

Seasons	Group 1 of mealybug species	Group 2 of mealybug species	Number of cocoa trees affected	Number of dead cocoa trees
<b>Wet</b>	52.33 ± 8.41a	0.58 ± 0.26a	7.66 ± 1.77a	0.66 ± 0.22a
<b>Dry</b>	70.50 ± 15.42a	1.00 ± 0.32a	8.16 ± 2.08a	0.83 ± 0.34a
<b>P</b>	0.42	0.31	0.96	0.84
<b>Means</b>	61.41	0.79	7.91	0.75
<b>CV</b>	34.58	40.14	52.20	40.36

Means with the same letter in the same column are not significantly different at the 5% threshold.

In the dry season, the Pearson correlation was significant and positive between the number of colonies of group 1 mealybug species and the number of dead cocoa trees ( $r= 0.59$ ;  $P=0.04$ ) and the number of colonies of group 2 mealybug species ( $r= 0.71$ ;  $P=0.008$ ). In the same season, the number of affected cocoa trees was significantly and positively related to the number of dead cocoa trees ( $r=0.65$ ;  $P = 0.02$ ) (Table 8).

**Table 8:** Correlation between dry period variables in the county of Divo

	Group 1 of mealybug species	Group 2 of mealybug species	Number of cocoa trees affected	Number of dead cocoa trees
<b>Group 1 of mealybug species</b>	1			
<b>Group 2 of mealybug species</b>	<b>0.71*</b>	1		
<b>Number of cocoa trees affected</b>	0.45	0.41	1	
<b>Number of dead cocoa trees</b>	<b>0.59*</b>	0.47	<b>0.65*</b>	1

\* Significant correlation at 0.05

On the other hand, in the wet season, no link was found between the parameters evaluated ( $P>0.05$ ) (Table 9)

**Table 9:** Correlation between wet period variables in the county of Divo

	Group 1 of mealybug species	Group 2 of mealybug species	Number of cocoa trees affected	Number of dead cocoa trees
<b>Group 1 of mealybug species</b>	1			
<b>Group 2 of mealybug species</b>	0.08	1		
<b>Number of cocoa trees affected</b>	0.47	0.17	1	
<b>Number of dead cocoa trees</b>	0.09	0.17	0.52	1

\* Significant correlation at 0.05

### **Relationship between mealybug species and the effects of swollen shoot disease based on the climate in the county of Soubré**

In the county of Soubré, the variance analysis revealed a significant difference between the dry and wet seasons for the number of colonies of group 1 mealybugs ( $P=0.02$ ) (*F. njalensis*, *P. citri* and *F. virgata*). For this parameter, the wet season had the highest number with 32.91 colonies of mealybug species. On the other hand, the variance analysis revealed no significant difference between the dry and wet seasons for the number of colonies of group 2 mealybug species ( $P=0.38$ ) and the number of affected ( $P=0.74$ ) and dead ( $P=0.49$ ) cocoa trees (Table 10).

**Table 10:** Comparison of dry and wet periods for the number of colonies of mealybug species and the number of affected and dead cocoa trees in the county of Soubré

Seasons	Group 1 of mealybug species	Group 2 of mealybug species	Number of cocoa trees affected	Number of dead cocoa trees
<b>Wet</b>	$32.91 \pm 3.17a$	$0.50 \pm 0.33a$	$6.00 \pm 1.53a$	$0.50 \pm 0.15a$
<b>Dry</b>	$22.25 \pm 2.87b$	$0.75 \pm 0.25A$	$6.00 \pm 1.89a$	$0.83 \pm 0.34a$
<b>P</b>	0.02	0.38	0.74	0.49
<b>Means</b>	27.58	0.62	6.00	0.66
<b>CV</b>	20.06	43.04	48.44	36.61

Means with the same letter in the same column are not significantly different at the 5% threshold.

In the dry season, the Pearson correlation was significant and positive between the number of affected cocoa trees and the number of dead cocoa trees ( $r 0.80$ ;  $P = 0.04$ ) (Table 11).

**Table 11:** Correlation between dry period variables in the county of Soubré

	Group 1 of mealybug species	Group 2 of mealybug species	Number of cocoa trees affected	Number of dead cocoa trees
<b>Group 1 of mealybug species</b>	1			
<b>Group 2 of mealybug species</b>	0.30	1		
<b>Number of cocoa trees affected</b>	0.11	0.06	1	
<b>Number of dead cocoa trees</b>	0.37	-0.04	<b>0.80*</b>	1

\* Significant correlation at 0.05

In the wet season, the Pearson correlation was significant and positive between the number of colonies of group 1 scale species and the number of colonies of group 2 scale species ( $r= 0.60$ ;  $P = 0.001$ ) (Table 12).

**Table 12:** Correlation between variables during wet periods in the county of Soubré

	Group 1 of mealybug species	Group 2 of mealybug species	Number of cocoa trees affected	Number of dead cocoa trees
<b>Group 1 of mealybug species</b>	1			
<b>Group 2 of mealybug species</b>	<b>0.60*</b>	1		
<b>Number of cocoa trees affected</b>	-0.23	-0.17	1	
<b>Number of dead cocoa trees</b>	0.24	0.00	-0.22	1

\* Significant correlation at 0.05

### Study of soil types based on granulometry

Variance analysis revealed a significant difference between the soil types for the contents of Clay ( $P = 0.04$ ) and Sand ( $P = 0.03$ ). For clay content, the clay-silt soil type had the highest value with 53.49% clay, while for sand content, the clay-sandy soil type had the highest value with 31.97% sand. For silt content, the variance analysis revealed no significant differences between soil types (Table 13).

**Table 13:** Comparison of soil types by Clay, sand and silt content

Types of soil	Clay (%)	Sand (%)	Loam (%)
<b>Sandy-clay</b>	$45.56 \pm 2.71b$	$31.97 \pm 3.29a$	$22.46 \pm 0.77a$
<b>Clay-silt</b>	$53.49 \pm 1.62a$	$21.87 \pm 1.21b$	$24.63 \pm 0.50a$
<b>P</b>	0.04	0.03	0.06
<b>Means</b>	48.86	27.76	23.37
<b>CV</b>	12.30	25.09	7.46

Means with the same letter in the same column are not significantly different at the 5% threshold.

### Study of soil types according to chemical element content

Variance analysis showed no significant differences between soil types ( $P>0.05$ ) for pH, soil organic matter (SOM), carbon and nutrient content of the cocoa tree [Assimilable Phosphorus (AP) K<sup>+</sup>; Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup>] (Table 14).

Table 14: Comparison of soil types by chemical content

Soil type	pH	SOM	Carbon	AP (Cmol/kg1)	K <sup>+</sup> (Cmol/kg1)	Ca2+ (Cmol/kg1)	Mg2+ (Cmol/kg1)
Sandy-clay	5.93 ± 0.25a	2.49 ± 0.18a	1.45 ± 0.10a	5.63 ± 0.46a	0.33 ± 0.01a	1.01 ± 0.10a	1.08 ± 0.04a
Clay-silt	6.00 ± 0.15a	2.24 ± 0.23a	1.30 ± 0.13a	6.64 ± 0.45a	0.32 ± 0.13a	1.09 ± 0.15a	1.06 ± 0.06a
P	0.83	0.41	0.41	0.16	0.77	0.64	0.83
Means	5.96	2.39	1.39	6.05	0.32	1.05	1.07
CV	9.60	20.73	20.84	18.93	10.54	28.38	11.31

Means with the same letter in the same column are not significantly different at the 5% threshold.

### Study of soil types according to the number of affected and dead cocoa trees and the number of colonies of mealybug species

Variance analysis revealed no significant differences ( $P>0.05$ ) between soil types for the number of affected cocoa trees, the number of dead cocoa trees and the number of colonies of group 1 and 2 mealybug species (Table 15).

Table 15: Comparison of soil types according to the number of affected and dead cocoa trees and the colonies of mealybug species

Soil type	Number of affected plants	Number of dead plants	Number of Group 1 Mealybug Colonies	Number of colonies of Group 2 mealybugs
Sandy-clay	63.42 ± 17.33a	4.42 ± 1.58a	234.14 ± 42.16a	10.57 ± 5.64a
Clay-silt	49.20 ± 12.58a	1.80 ± 0.66a	293.60 ± 26.29a	6.60 ± 2.56a
P	0.63	0.34	0.25	0.61
Means	57.50	3.33	258.91	8.91
CV	33.62	51.68	19.16	57.88

Means with the same letter in the same column are not significantly different at the 5% threshold.

### Relationship between the physico-chemical parameters of the soil, the number of affected and dead cocoa trees and the number of colonies of mealybug species according to the type of soil

Pearson correlation between soil chemical element contents, the number of affected and dead cocoa trees and the number of colonies of mealybug species showed significant links between these parameters for the two soil types in this study.

For the clay-silt soil type, the correlation was significant and positive between the number of dead cocoa trees and the level of sand ( $r= 0.89$  and

$P=0.03$ ), between the soil organic matter content (SOM) and the carbon content ( $r= 1.00$  and  $p<0.0001$ ), magnesium ( $r=0.93$  and  $p=0.01$ ) and potassium ( $r=0.92$  and  $p=0.02$ ), between magnesium content and potassium ( $r=0.99$  and  $p=0.0002$ ) and carbon ( $r=0.94$  and  $p=0.01$ ) and between carbon and potassium ( $r=0.92$  and  $p=0.02$ ). In the same soil type, the number of dead cocoa trees and the exchangeable phosphorus content ( $r= -0.95$  and  $P=0.01$ ) and between the number of colonies of group 2 mealybug species (Coch2) and the number of cocoa trees affected ( $r= -0.89$  and  $P=0.04$ ) were significant and negative (Table 16).

**Table 16:** Correlation between the number of affected and dead cocoa trees, the physico-chemical soil parameters and the number of mealybug colonies in the Clay-silt soil type

	Sand	Loam	pH	SOM	AP	Ca2+	K+	Carbon	Mg2+	Nact	Ndct	Coch1	Coch2
Sand	1												
Loam	0.73	1											
pH	-0.50	0.08	1										
SOM	-0.23	0.32	0.53	1									
AP	-0.83	-0.27	0.69	0.45	1								
Ca2+	-0.67	-0.04	0.75	0.85	0.83	1							
K+	-0.06	0.33	0.16	<b>0.92*</b>	0.24	0.66	1						
SOC	-0.23	0.32	0.53	<b>0.000*</b>	0.44	0.85	<b>0.9*</b>	1					
Mg2+	-0.14	0.28	0.21	<b>0.93*</b>	0.30	0.71	<b>0.9*</b>	<b>0.93*</b>	1				
Nact	0.01	0.19	0.16	-0.42	0.31	-0.16	-0.53	-0.42	-0.54	1			
Ndct	<b>0.89*</b>	0.45	-0.48	-0.39	<b>-0.9*</b>	-0.77	-0.27	-0.39	-0.33	-0.17	1		
Coch1	-0.30	-0.34	-0.13	-0.58	0.36	-0.20	-0.57	-0.58	-0.56	0.80	-0.41	1	
Coch2	0.28	-0.17	-0.54	0.03	-0.65	-0.29	0.24	0.03	0.22	<b>-0.89*</b>	0.48	-0.65	1

\* Significant correlation at 0.05. SOM = Soil organic matter; AP= Assimilable phosphorus; SOC = Soil Organic Carbon; Nact = Number of cocoa trees affected; Ndct = Number of dead cocoa trees; Coch1=Number of colonies of group 1 mealybug species; Coch2= Number of colonies of group 2 mealybug species

For the Clay-sandy soil type, the Pearson correlation was significant and positive between the number of dead cocoa trees and the potassium ( $r=0.75$  and  $P=0.04$ ) and magnesium ( $r=0.74$  and  $P=0.04$ ) contents, between the number of colonies of group 2 mealybug species and the pH ( $r= 0.77$  and  $p=0.04$ ) and the number of cocoa trees affected ( $r= 0.88$  and  $p=0.008$ ), between calcium (Ca2+) and exchangeable phosphorus content ( $r=0.76$  and  $p=0.04$ ), between organic matter and carbon content ( $r=0.99$  and  $p<0.0001$ ) and between magnesium content and potassium content ( $r= 0.97$  and  $p=0.0003$ ). In the same soil type, the Pearson correlation was significant and negative between silt and sand content (Table 17).

**Table 17:** Correlation between the number of affected and dead cocoa trees, the physico-chemical soil parameters and the number of mealybug colonies in the Sandy clay soil type

	Sand	Loam	pH	SOM	AP	Ca2+	K+	Carbon	Mg2+	Ncta	Ndct	Coch1	Coch2
Sand	1												
Loam	-	1											
	0.80*												
pH	0.22	0.08	1										
SOM	0.13	-0.27	-0.33	1									
AP	-0.19	0.64	0.47	0.003	1								
Ca2+	-0.07	0.31	0.30	0.61	0.76*	1							
K+	-0.09	-0.17	-0.09	0.72	0.11	0.56	1						
SOC	0.13	-0.27	-0.34	0.99*	0.001	0.61	0.72	1					
Mg2+	-0.03	-0.09	0.02	0.70	0.02	0.69	0.97*	0.70	1				
Ncta	-0.21	0.27	0.65	-0.45	0.65	-0.05	-0.06	-0.46	-0.05	1			
Ndct	0.24	0.24	-0.47	0.72	0.72	0.26	0.75*	0.73	0.74*	-0.33	1		
Coch1	0.90*	-0.60	0.02	0.16	0.008	0.02	-0.06	0.16	0.06	-0.33	0.41	1	
Coch2	-0.31	0.34	0.77*	-0.50	0.30	0.07	0.04	-0.51	0.06	0.88*	-	-0.45	1
												0.44	

\* Significant correlation at 0.05 SOM = Soil organic matter; AP = Assimilable phosphorus; SOC = Soil Organic Carbon; Ncta = Number of cocoa trees affected; Ndct= Number of dead cocoa trees; Coch1=Number of colonies of group 1 mealybug species; Coch2= Number of colonies of group 2 mealybug species

### Study of soil organic matter levels based on the content of chemical elements

Variance analysis showed a significant difference between soils low in organic matter and soils with acceptable organic matter (SOM), carbon, potassium (K+) and magnesium (Mg2+) contents. For these variables, soils with acceptable organic matter had the highest values with 2.68% for the organic matter rate; 1.56% for carbon; 0.34 Cmol/kg for potassium content and 1.13 Cmol/kg for magnesium content (Table 18).

**Table 18:** Comparison of organic matter levels by chemical content

Soil type	pH	SOM (%)	Carbon (%)	AP (Cmol/kg1)	K+ (Cmol/kg1)	Ca2+ (Cmol/kg1)	Mg2+ (Cmol/kg1)
Soils with acceptable organic matter	5.84±0.18a	2.68 ± 0.09a	1.56± 0.05a	6.05± 0.52a	0.34± 0.00a	1.15± 0.10a	1.13± 0.02a
Soils poor in organic matter	6.21± 0.28a	1.79± 0.07b	1.04± 0.04b	6.08± 0.29a	0.29± 0.01b	0.85± 0.07a	0.95± 0.05b
P	0.28	0.0001	0.0001	0.96	0.003	0.10	0.005
Means	5.96	2.39	1.39	6.06	0.32	1.05	1.07
CV	9.07	9.52	9.51	20.94	6.60	24.87	7.55

Means with the same letter in the same column are not significantly different at the 5% threshold.

## Study of soil organic matter levels based on the number of affected and dead cocoa trees and the number of colonies of mealybugs

Variance analysis revealed no significant differences between soils low in organic matter and soils with acceptable organic matter for the numbers of affected and dead cocoa trees and colonies of Group 1 and 2 mealybug species (Table 19).

**Table 19:** Comparison of organic matter level based on the number of affected and dead cocoa trees and the number of colonies of mealybug species

Soil type	Number of plants affected	Number of dead plants	Number of Group 1 Mealybug Colonies	Number of colonies of Group 2 mealybugs
Soils with acceptable organic matter	45.62 ± 6.93a	4.50 ± 1.32a	250.75 ± 30.33a	5.50 ± 1.11a
Soils poor in organic matter	81.25 ± 29.30a	1.00 ± 0.57a	275.25 ± 61.68a	15.75 ± 9.85a
P	0.20	0.10	0.79	0.29
Average	57.50	3.33	258.91	8.92
CV	31.25	47.06	20.42	55.34

Averages with the same letter in the same column are not significantly different at the 5% threshold.

Relationship between soil chemical parameters, the number of affected and dead cocoa trees and the number of colonies of mealybug species according to the level of soil organic matter

Pearson correlation was significant between some parameters following the two soil organic matter levels established in this study.

In soils poor in organic matter, the number of affected cocoa trees (Nact) and pH ( $r= 0.97$  and  $P=0.02$ ) and between magnesium content and potassium levels ( $r= 0.99$  and  $p=0.002$ ) and organic carbon content ( $r= 0.94$  and  $p=0.04$ ) were significantly and positively correlated. Similarly, in this soil type, the correlation was significant and negative between group 1 and group 2 mealybugs ( $r=-0.99$  and  $p=0.003$ ) (Table 20).

**Table 20:** Correlation between the number of affected and dead cocoa trees, soil chemical parameters and the number of mealybug colonies in soils low in organic matter

	pH	AP	Ca2+	K+	Carbon	Mg2+	Ncta	Ndct	Coch1	Coch2
pH	1									
AP	0.13	1								
Ca2+	0.52	0.63	1							
K+	0.49	-0.04	0.74	1						
SOC	0.22	-0.36	0.46	0.92	1					
Mg2+	0.45	-0.10	0.70	0.99*	0.94*	1				
Ncta	0.97*	0.3	0.53	0.35	0.04	0.31	1			
Ndct	-0.64	0.66	0.19	-0.26	-0.30	-0.28	-0.51	1		
Coch1	-0.80	-0.06	-0.77	-0.90	-0.71	-0.88	-0.72	0.46	1	
Coch2	0.80	-0.01	0.72	0.91	0.74	0.89	0.70	-0.51	-0.99*	1

\* Significant correlation at 0.05. SOM = Soil organic matter; AP = Assimilable Phosphorus; SOC = Soil Organic Carbon; Ncta = Number of cocoa trees affected; Ndct = Number of dead cocoa trees; Coch1=Number of colonies of group 1 mealybug species; Coch2= Number of colonies of group 2 mealybug species

In soils with acceptable organic matter, significant and positive associations were observed between group 1 mealybugs (Coch1) and potassium ( $r=0.78$  and  $p=0.02$ ) and magnesium ( $r=0.77$  and  $p=0.02$ ) levels. Similarly, in this soil type, significant and positive associations were observed between calcium content and pH ( $r=0.78$  and  $p=0.02$ ) and between magnesium content and potassium content ( $r=0.94$  and  $p=0.0005$ ) (Table 21).

**Table 21:** Correlation between the number of affected and dead cocoa trees, soil chemistry and the number of mealybug colonies in soils with acceptable organic matter

	pH	AP	Ca2+	K+	Carbon	Mg2+	Ncta	Ndct	Coch1	Coch2
pH	1									
AP	0.61	1								
Ca2+	0.78*	0.89	1							
K+	0.40	0.36	0.38	1						
SOC	0.51	0.15	0.57	0.22	1					
Mg2+	0.58	0.61	0.62	0.94*	0.32	1				
Ncta	-0.06	-0.04	0.03	0.09	0.25	0.09	1			
Ndct	-0.35	-0.50	-0.39	0.24	0.21	0.14	0.25	1		
Coch1	0.49	0.30	0.33	0.78*	0.24	0.77*	0.49	0.26	1	
Coch2	0.46	0.16	0.06	0.19	-0.15	0.30	-0.36	0.13	0.24	1

\* Significant correlation at 0.05. SOM = Soil organic matter; AP = Assimilable (= Exchangeable) Phosphorus; SOC = Soil Organic Carbon; Ncta = Number of cocoa trees affected; Ndct = Number of dead cocoa trees; Coch1=Number of colonies of group 1 mealybug species; Coch2= Number of colonies of group 2 mealybug species

## Discussion

The results of the variance analysis showed a significant difference between wet and dry seasons for the number of colonies of group 1 mealybug species (*Formicococcus njalensis*, *Planococcus citri* and *Ferrisia. virgata*) in the counties of Bouaflé and Soubéré and for the number of colonies of group 2

mealybug species (*Pseudococcus longispinus*, *Phenacoccus hargreavesi*, *Dysmicoccus brevipes* and *Planococcus kenyae*) in the department of Bouaflé. However, these results did not show any significant difference between the wet and dry seasons for the number of colonies of Group 1 mealybug species (*Formicococcus njalensis*, *Planococcus citri* and *Ferrisia. virgata*) and for the colony number of Group 2 mealybug species (*Pseudococcus longispinus*, *Phenacoccus hargreavesi*, *Dysmicoccus brevipes* and *Planococcus kenyae*) in the counties of Abengourou and Divo and for the number of colonies of Group 2 mealybug species (*Pseudococcus longispinus*, *Phenacoccus hargreavesi*, *Dysmicoccus brevipes* and *Planococcus kenyae*) in the department of Soubré. The results of the variance analysis also showed homogeneity between the wet and dry seasons for the number of affected and dead cocoa trees in all the counties.

These results show that rainfall affects mealybug species more than the effects of swollen shoot disease on cocoa trees in the different counties. The influence of the seasons on mealybugs in different localities has been demonstrated by Babin *et al.* (2023), N'Guettia (2022) and N'Guessan (2021). For these authors, the dynamics of mealybugs vary across the regions and the time of year.

The significant difference between wet and dry seasons for the number of colonies of group 1 and 2 mealybug species in the counties of Bouaflé and Soubré shows a more pronounced effect between these two seasons, which would be mainly due to their more pronounced effects in these localities. On the other hand, the non-significant difference between the wet and dry seasons for the number of colonies of group 1 and 2 mealybug species in the counties of Abengourou and Divo shows a more homogeneous effect between these seasons, which would be mainly due to the slightly pronounced seasonal effects in these localities.

In addition, the effects of swollen shoot disease were the same between the wet and dry seasons in the different departments. This homogeneity would be due to the permanent and irreversible nature of the swollen shoot attacks from one season to another in the same locality.

The results of the Pearson correlation showed that in the dry season, there was a significant and positive correlation between group 1 mealybug species and the number of affected and dead cocoa trees and between group 2 mealybug species and the number of dead cocoa trees in the city of Abengourou. These results, in the same season, showed that the correlation was significant and positive between group 2 mealybug species and the number of cocoa trees affected in Bouaflé and between group 1 mealybug species and the number of dead cocoa trees in Divo. On the other hand, the results of the Pearson correlation showed that in the wet season, no link was

found between mealybug species and the effects of swollen shoot disease in these counties.

These results show that mealybug species are only related to the effects of swollen shoot disease in the dry season. During this season, cocoa trees are subject to a water deficit that makes them more vulnerable to mealybugs and swollen shoot disease. The variance analysis did not show a significant difference between the dry and wet seasons for mealybug populations and the effects of swollen shoot disease. However, in the dry season, Pearson's correlation showed that mealybugs are linked to the effects of swollen shoot disease, unlike in the wet season. This situation would reflect the importance of water in reducing the impacts of swollen shoot disease in cocoa farms. The same situation was observed by Adja *et al.* (2005) during their study on the influence of climate parameters on mirid populations in Côte d'Ivoire. For these authors, rainfall did not have a direct effect on mirids, whereas a negative and significant correlation was observed between water deficit and mirid populations.

For soil types, the results of the variance analysis showed no significant differences between the clay-sandy and clay-silt soil types for pH, organic matter content, carbon content and nutrient levels of cocoa trees. For the level of organic matter, the results gave rates that varied from 1.79% to 2.68%. Similarly, the results of the variance analysis revealed a significant difference between soils with low organic matter and soils with acceptable organic matter, for organic matter content, carbon content, potassium (K<sup>+</sup>) and magnesium (Mg<sup>2+</sup>). On the other hand, they showed homogeneity between these soils for pH and exchangeable phosphorus and calcium (Ca<sup>2+</sup>) contents. The results of the variance analysis revealed no significant differences between clay-sandy and clay-silty soil types and between soils with acceptable organic matter and soils low in organic matter, for the number of colonies of group 1 and 2 mealybug species and the number of affected and dead cocoa trees.

These results show that soil texture has no effect on the pH, organic matter, carbon and nutrient content of the cocoa tree. Indeed, the recommended textures in cocoa farming are generally clay-silty and clay-sandy textures (CNRA, 2015; Koko, 2014). However, these types of soils were the ones encountered in this study. They have the same chemical characteristics of soil. Similarly, these results show that soil texture did not influence the effects of swollen shoot disease and mealybug populations. On the other hand, for Tchimou *et al.* (2024), high concentrations of clay can lead to poor water drainage, leading to hypoxic conditions that cause physiological disorders in plants that could explain the appearance of swollen shoot in cocoa farms.

These results also show that the level of soil organic matter influences the levels of organic matter and carbon and the contents of potassium (K<sup>+</sup>) and magnesium (Mg<sup>2+</sup>), but has no effect on the pH and the levels of exchangeable phosphorus and calcium (Ca<sup>2+</sup>). Thus, organic matter would be bound to carbon and chemical elements such as potassium (K<sup>+</sup>) and magnesium (Mg<sup>2+</sup>), unlike calcium (Ca<sup>2+</sup>) and exchangeable phosphorus. This situation is due to the low level of organic matter in the soils studied. This organic matter, which constitutes the reservoir of chemical elements in the soil, varied from 1.79% to 2.68%, which is below the minimum rate of 3% required for cocoa cultivation (Hanak *et al.*, 2000). These results also show that the level of organic matter, which is related to soil fertility, has no influence on the effects of swollen shoot disease and mealybug populations. For Eraslan *et al.* (2007), soil fertility may affect plant resistance or their ability to tolerate pathogen attacks.

In clay-silt soils, the results of the Pearson correlation showed that it was significant and positive between the number of dead cocoa trees and the sand content. In the same soil type, these results showed that the correlation was significant and negative between the number of dead cocoa trees and the exchangeable phosphorus content and between the number of colonies of group 2 mealybug species and the number of cocoa trees affected. In sandy clay soils, the results of the Pearson correlation showed that it was significant and positive between the number of dead cocoa trees and the potassium (K<sup>+</sup>) and magnesium (Mg<sup>2+</sup>) contents and between the number of colonies of group 2 mealybug species and the number of affected cocoa trees. In soils low in organic matter, the results of the Pearson correlation showed that it was significant and positive between the number of cocoa trees affected and the pH.

These results show that the number of affected cocoa trees and group 2 mealybugs is negatively related in clay-silt soils and positively in clay-sandy soils. Infection of cocoa trees would therefore be caused by group 2 mealybugs. This could be attributed to the ecological characteristics of these mealybug species. Indeed, group 2 mealybugs composed of the species *Pseudococcus longispinus*, *Phenacoccus hargreavesi*, *Dysmicoccus brevipes* and *Planococcus kenyae*, would be more autonomous species with a strong capacity to move within plots (N'Guessan, 2021). These results also show that the number of dead cocoa trees is positively related to the level of sand in clay-silt soils and to the potassium (K<sup>+</sup>) and magnesium (Mg<sup>2+</sup>) contents in clay-sand soils and negatively related to the exchangeable phosphorus content in clay-silt soils. These results also show that the number of affected cocoa trees is positively related to pH in soils poor in organic matter. The mortality of cocoa trees is thought to be due to an excess of sand, potassium and magnesium and a lack of phosphorus in the soil. In addition, the mixed

behaviour of soil texture, organic matter and mineral elements shows the degree of degradation of soils affected by swollen shoot disease. According to Pieri (1989), the ability of a soil to retain its chemical fertility or to deteriorate depends on the quantity of reserves that can be mobilised and their transformation into assimilable forms. On the other hand, the work of Zro *et al.* (2024) showed that low phosphorus levels in the soil are the main chemical constraints explaining the onset of swollen shoot disease in cocoa. Similar results were found by Sanogo & Yang (2001) on soybean cultivation. These authors showed that sand content, pH, potassium and phosphorus levels had significant effects on sudden soybean death syndrome. Texture, organic matter and mineral elements are thought to have an influence on swollen shoot disease.

## Conclusion

This study highlighted the influence of climate and soil factors and mealybug populations on swollen shoot disease. Indeed, although the variance analysis did not show a significant difference between the dry and wet seasons for the disease effects and mealybug populations, the Pearson correlation highlighted significant links between these variables during the dry season, thus showing the importance of this season in the spread of swollen shoot disease. Similarly, the variance analysis did not show a significant difference between clay-silt and clay-sandy soils and between soils with poor organic matter and those with acceptable organic matter, for the disease effects and mealybug populations. However, the Pearson correlation showed significant links between group 2 mealybugs and the number of affected and dead cocoa trees, between dead cocoa trees and sand content, potassium (K<sup>+</sup>), magnesium (Mg<sup>2+</sup>), and exchangeable phosphorus contents, depending on the textures studied, and between the number of affected cocoa trees and pH in soils poor in organic matter. Thus, the lack of water, texture, organic matter, and nutrients for the cocoa tree impacts the progression of swollen shoot disease. These factors can therefore be used for the implementation of an effective fight against swollen shoot disease. This challenge could include the physico-chemical restoration of the soil through appropriate amendments and water supply to cocoa trees during dry periods.

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

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

**Funding Statement:** We would like to thank the Côte d'Ivoire coffee and cocoa council for funding this work, as well as the cocoa programme of the

Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), for their cooperation in carrying out the work, and especially for their financial support.

## References:

1. Adja, A.M., Tokro, P.G., Aidara, S., Tahi, M.G. & Koua, K. H. (2005). Influence de la hauteur des cacaoyers et des facteurs climatiques sur la densité des populations de miridae (Hétéroptères) à Duekoué, ouest de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 17(3), 179-187. <http://dx.doi:10.4314/aga.v17i3.1668>
2. Aka, A.R., Klotioloma, C., N'Guessan, W.P., Kouakou, K., Tahi, G.M., N'Guessan, K.F., Muller, E., Zakra, N., Kebe, B.I., Assi, M.E., Guiraud, B., Kone, B., Kouassi, N., Daouda, K. & Allou, R.K. (2020). Cocoa Swollen Shoot Disease in Côte d'Ivoire: History of Expansion from 2008 to 2016. *International Journal of Sciences*, 9(01), 52–60. <http://dx.doi: 10.18483/ijSci.2203>;
3. Aka, K.A. (2010). L'accessibilité des populations rurales aux soins de santé dans le département d'Abengourou (Côte-d'Ivoire). *Les Cahiers d'Outre-Mer. Revue de géographie de Bordeaux*, 63 (251), 439–459. <https://dx.doi.org/10.4000/com.6075>.
4. Aka, N., Bamba, S.B., Soro, G & Soro, N. (2013). Étude hydrochimique et microbiologique des nappes d'altérites sous climat tropical humide : cas du département d'Abengourou (sud-est de la Côte d'Ivoire). *Larhyss Journal*, 16(2013), 31–52. <http://www.larhyss.net/ojs/index.php/larhyss/article/view/179>.
5. Alibert, H. (1946). Preliminary note on a new Cacao disease, 'swollen shoot'. *Agronomie Tropicale*, 1(1-2), 34 – 43. <https://doi/full/10.5555/19461100730>.
6. Ameyaw, G.A., Owusu, D. & Ebenezer, G. (2023). Epidemiology and Diagnostics of Cacao Swollen Shoot Disease in Ghana: Past Research Achievements and Knowledge Gaps to Guide Future Research. *Virus*, 16(1), 43p; <https://doi.org/10.3390/v16010043>
7. Babin, R., Koffi, A.D., N'Guessan, P., Oro, Z.F., Guéry, L. & Ouali, N.S-W.M. (2023). Infestation dynamics of mealybug vectors of the Cocoa swollen shoot virus in young cocoa plots surrounded by barrier crops in Soubéré (South-West of Côte d'Ivoire). In: Proceedings of the International Symposium on Cocoa Research 2022 - ISCR 2022. Montpellier: ICCO-CIRAD, 6 p. ISBN 978-2-9563177-0-8; 978-2-87614-798-0 International Symposium on Cocoa Research (ISCR 2022), Montpellier, France, 5-7 Decembre 2022. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10207810>.
8. Brou, Y.T., N'Goran, J.A.K., Bicot, S. & Servat, E. (2003). Risque climatique et production agricole en Côte d'Ivoire : effet des variations

- pluviométriques sur la production cacaoyère. In : Actes de la 14ème conférence internationale sur la recherche cacaoyère (Accra, Ghana, 18-23 octobre 2003), 259- 267.
9. CNRA. (2015). Manuel technique de cacaoculture durable. A l'attention du technicien. Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Côte d'Ivoire, 166 p. [https://www.conseilcafecacao.ci/docs/2016/MANUEL\\_CACAOCULTURE\\_040415](https://www.conseilcafecacao.ci/docs/2016/MANUEL_CACAOCULTURE_040415).
10. Diomandé, L.B., Kanko, C., Tia, E.V., Koné, B. & Kouamé, Y.A. (2014). Occurrence et composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de Lippia multiflora M. (thé de savane) selon le pH, les teneurs en Carbone, en Azote et Phosphore du sol en zones de savane guinéenne en Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 10 (4), 93–108. <https://www.ajol.info/index.php/afsci/article/view/118329>.
11. Eraslan, F., Akbas, B., Inal, A. & Tarakcioglu, C. (2007). Effects of foliar sprayed calcium sources on Tomato mosaic virus (ToMV) infection in tomato plants grown in greenhouses. *Phytoparasite*, 35(2007), 150–158. <https://doi.org/10.1007/BF02981110>
12. Hanak, F.E., Petithuguenin, P. & Richard, J. (2000). Les champs du cacao. Un défi de compétitivité Afrique-Asie. Paris, France, Karthala, 210 p. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010021334>.
13. ICCO. (2025). Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. LI, No.1, Cocoa year 2024/25, 1p. <https://www.icco.org/february-2025-quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics>.
14. ICCO. (2019). Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XLV, No.1, Cocoa year 2018/19, 1p. [https://www.icco.org/quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics-november-2019\\_pdf](https://www.icco.org/quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics-november-2019_pdf).
15. Kébé, B.I. & N'guessan, K. F. (2003). Rapport de la mission de prospection du swollen shoot. 11 – 13 Septembre 2003. C.N.R.A – Divo, 7 p.
16. Koko, L.K. (2014). Teractiv cacao as a new fertilizer based reactive phosphate rock for cocoa productivity in Côte d'Ivoire: A participatory approach to update fertilization recommendation. *Procedia Engineering*, 83(2014), 348-353. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.09.027>
17. Koua, S.H., Coulibaly, N.A.M.-D. & Alloueboraud, W.A.M. (2018). Caractérisation des vergers et des maladies de cacao de la Côte d'Ivoire : cas des départements d'Abengourou, Divo et Soubéré. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 35(3), 5706-5714. <https://m.elewa.org/Journals/wpcontent/uploads/2018/03/2.Koua.pdf>

18. Kouakou, K. (2014). Diversité moléculaire du CSSV (*Cocoa swollen shoot virus*) et épidémiologie de la maladie du swollen shoot du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.). Thèse de doctorat en Phytovirologie, Université Félix Houphouët Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), 141 p. [https://agritrop.cirad.fr/574984/1/document\\_574984.pdf](https://agritrop.cirad.fr/574984/1/document_574984.pdf)
19. Muller, E. (2016). Cacao Swollen Shoot Virus (CSSV): History, Biology, and Genome. In: Bailey, B., Meinhardt, L. (eds) *Cacao Diseases*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_10)
20. N'guettia, A.M.C., Oro, Z.F., Akesse, E.N. & Ouali, N.S.W.M. (2022). Distribution Spatio-Temporelle des Cochenilles Farineuses Vectrices de la Maladie du Swollen Shoot du Cacaoyer au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. In *Technologies & Innovations Agricoles : Solutions Intelligentes Face Au Climat Pour La Transformation Des Situations d'urgence et de Post Urgence* (Benin), 40–52. <https://www.coraf.org/resources/content/eXTj-actes-du-symposium-proceedings-coraf.pdf>
21. N'Guessan, W.P. (2021). Distribution spatio-temporelle des espèces de cochenilles et mise en évidence de l'implication de *Formicococcus njalensis* (Laing, 1929) dans la transmission du virus du swollen shoot du cacaoyer (*Theobroma cacao* L., 1753) en Côte d'Ivoire, Thèse de Doctorat unique de l'université Felix Houphouët Boigny de Côte d'Ivoire, p.177. <https://hal.science/tel-04774691/> doi : 10.1111/jen.12707
22. Pieri, C. (1989). Fertilités des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. Ministère de Coopération et du développement CIRAD-IRAT, 452 p. ISBN 2-87614-024-1. <https://agritrop.cirad.fr/375686>.
23. Sanogo, S. & Yang, X.B. (2001). Relation of sand content, pH, and potassium and phosphorus nutrition to the development of sudden death syndrome in soybean. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 23(2), 174-180, <https://doi.org/10.1080/07060660109506927>.
24. Steven, W. F. (1936). *A new disease of cocoa in Gold Coast*. Gold Coast Farmer, 7-8(1936), 122-123. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19371101182>.
25. Tchimou, E.P., Zro, B.G.F., Touré, B., Kouadio, K.H., Soro, D. & Bakayoko, S. (2024). Analyse des caractéristiques morphopédologiques des sols des cacaoyères affectées par le Swollen-Shoot à Bouaflé (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Revue internationale d'agriculture, d'environnement et de biorecherche*, 9, 83-94. <https://doi.org/10.35410/IJAEB.2024.5893>.

26. Yao, K.T., Oga, M.S., Kouadio, K.E., Fouché, O., Ferriere, G. & Pernelle, C. (2014). Rôle hydrogéologique des linéaments structuraux en milieu cristallin et cristallophyllien : cas du bassin versant du Sassandra, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 10 (4), 78–92. <https://www.ajol.info/index.php/afsci/article/view/118327>
27. Zro, F.G.B., Konaté, M.A., Paterne, Z., Soro, D. & Bakayoko, S. (2024). Study of potential edaphic chimical factors in the prevalence of swollen shoot disease of cocoa in the Marahoué region (Côte d'Ivoire). *Journal of soil science*, 14(10), 660-673. <https://doi: 10.4236/ojss.2024.1410032>.

## Impacts des pressions humaines, y compris minières, sur la dynamique de l'occupation des sols dans la forêt classée de Bandia (2000-2020)

***Cisse Ousmane***

Doctorant à l'Université Alioune Diop (UAD), Groupe de recherche  
Biodiversité et Gestion des Ressources Naturelles  
Changement Climatique, Sénégal

***Gaye Momar Pape***

Département Productions Forestières, Institut Supérieur de Formation  
Agricole et Rurale (ISFAR)

***Faye Elhadji***

Professeur titulaire, Département Productions Forestières, Institut Supérieur  
de Formation Agricole et Rurale, Université Alioune Diop, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n27p63](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p63)

---

Submitted: 28 July 2025

Copyright 2025 Author(s)

Accepted: 02 September 2025

Under Creative Commons CC-BY 4.0

Published: 30 September 2025

OPEN ACCESS

---

### Cite As:

Cisse, O., Gaye, M.P. & Faye, E. (2025). *Impacts des pressions humaines, y compris minières, sur la dynamique de l'occupation des sols dans la forêt classée de Bandia (2000-2020)*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (27), 63. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p63>

---

### Résumé

Cette étude analyse l'évolution de l'occupation des sols dans la forêt classée de Bandia, au Sénégal, entre 2000 et 2020, en lien avec les pressions anthropiques, notamment l'urbanisation, l'exploitation minière et l'agriculture. Pour cela, une approche méthodologique combinée a été mobilisée, s'appuyant sur des images satellitaires Landsat (ETM+ et OLI) analysées via les logiciels ENVI 5.3 et ArcGIS 10.8, une classification supervisée des sols (algorithme du maximum de vraisemblance), ainsi que des enquêtes de terrain et des inventaires écologiques. Cette approche a permis de cartographier les changements de couverture végétale et d'identifier les facteurs dominants de transformation du paysage. Les résultats montrent une dégradation marquée du couvert végétal et une expansion significative des carrières et sites miniers, surtout entre 2010 et 2020. Initialement dominée par la savane arborée à arbustive (59 % en 2000), la forêt a vu cette formation

tomber à 42 % en 2020, tandis que les zones minières ont augmenté de 0,77 % à 5 % de la surface. Une nouvelle zone agricole est également apparue en 2020. La Réserve animalière de Bandia, voisine, a montré un effet de régénération écologique, attribuable à des mesures de protection comme la clôture et la gestion partenariale, bien que cet impact reste limité spatialement. L'analyse met en évidence le rôle destructeur de l'exploitation minière, amplifié par l'absence de réhabilitation, et dénonce l'inefficacité des politiques actuelles de gestion des forêts classées. Le modèle de la Réserve de Bandia, bien qu'inspirant, ne peut être transposé tel quel, en raison de son orientation touristique à visée commerciale. Il appelle à une gestion durable, souple et adaptée aux réalités écologiques et sociales locales, pour préserver efficacement les forêts classées du Sénégal.

---

**Mots-clés:** Occupation des sols, exploitation minière, dégradation environnementale, gestion durable

---

## **Impacts of Human Pressures, Including Mining, on Land Use Dynamics in the Bandia Classified Forest (2000–2020)**

***Cisse Ousmane***

Doctorant à l'Université Alioune Diop (UAD), Groupe de recherche  
Biodiversité et Gestion des Ressources Naturelles  
Changement Climatique, Sénégal

***Gaye Momar Pape***

Département Productions Forestières, Institut Supérieur de Formation  
Agricole et Rurale (ISFAR)

***Faye Elhadji***

Professeur titulaire, Département Productions Forestières, Institut Supérieur  
de Formation Agricole et Rurale, Université Alioune Diop, Sénégal

---

### **Abstract**

This study analyses the evolution of land use in the Bandia classified forest, Senegal, between 2000 and 2020, in relation to anthropogenic pressures, notably urbanization, mining, and agriculture. To achieve this, a combined methodological approach, based on Landsat satellite images (ETM+ and OLI) analyzed using ENVI 5.3 and ArcGIS 10.8, a supervised soil classification (maximum likelihood algorithm), as well as field surveys and ecological inventories. This approach enabled us to map changes in vegetation cover and identify the dominant landscape transformation factors. The results show a degradation of the vegetation cover and a significant expansion of quarries and mining sites, especially between 2010 and 2020. Initially

dominated by wooded to shrubby savannah (59% in 2000), forest cover has fallen to 42% by 2020, while mining areas have increased from 0.77% to 5 % of surface area. A new agricultural zone also appeared in 2020. The neighbouring Bandia Animal Reserve showed an ecological regeneration effect attributable to protective measures such as fencing and partnership, although this impact remains spatially limited. The analysis highlights the destructive role of mining, amplified by the absence by the absence of rehabilitation, and denounces the ineffectiveness of current management policies. The Bandia Reserve model, while inspiring, cannot be transposed as it stands, due to its commercial tourism orientation. It calls for sustainable, flexible management adapted to local ecological and social realities, to effectively preserve Senegal's classified forests.

---

**Keywords:** Land use, Mining activities, Environmental degradation, Sustainable management

## Introduction

Les forêts constituent un capital naturel inestimable, garant du bien-être des sociétés humaines et du maintien des équilibres écologiques planétaires (Ngonon, 2017). Elles fournissent des biens marchands comme le bois, le gibier ou les produits forestiers non ligneux (PFNL), mais aussi des services écosystémiques non monétisables, pourtant essentiels, tels que la régulation climatique, la protection des sols et la préservation de la biodiversité (Diagne et al., 2024 ; Briot 2017) . Malgré leur valeur écologique et socio-économique, ces écosystèmes sont soumis à une pression anthropique croissante, notamment en Afrique, où le taux de déboisement est l'un des plus élevés au monde, atteignant 0,78 % par an contre 0,22 % au niveau mondial (FAO, 2001). Au Sénégal, la régression forestière est alimentée par les défrichements agricoles, les feux de brousse, l'exploitation de bois-énergie et l'urbanisation, causant la perte de près de 80 000 ha de forêts entre 1981 et 1990 (Diagne et al., 2024 ; Fao 1999). Ce phénomène est particulièrement alarmant dans la région de Thiès, où la forêt classée de Bandia illustre les tensions entre conservation et développement. Cette forêt, jadis soutenue par un projet communautaire de conservation, fait aujourd'hui face à de multiples menaces : extension des zones urbaines, multiplication des carrières et sites miniers, dégradation de la flore et raréfaction de la faune (Diagne et al., 2024 ; Solly et al., 2018-a). Des espèces emblématiques comme *Khaya senegalensis* (caïlcédrat) ou *Panthera leo* ( lion d'Afrique) ont déjà disparu de la zone. Face à cette situation, des outils modernes tels que la télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG) apparaissent comme des moyens efficaces pour suivre les dynamiques d'occupation du sol, identifier les causes de déforestation et appuyer la planification de la restauration écologique (Biaou

et al., 2019 ; Mamane et al., 2018 ). Ces approches permettent de compenser l'absence de données quantitatives continues sur l'impact de l'anthropisation des milieux forestiers et de produire une analyse spatiale pertinente. La présente étude s'inscrit dans cette perspective. Elle se focalise sur la forêt classée de Bandia, dans le département de Mbour, une zone à fort enjeu écologique et économique, soumise à une urbanisation rapide et à une forte pression extractive. L'objectif principal est de caractériser les changements d'occupation des sols entre 2000 et 2020, en lien avec les pressions anthropiques, notamment l'expansion urbaine, l'exploitation minière et l'agriculture, et d'en évaluer les impacts sur la conservation de l'écosystème forestier. Ainsi, l'étude s'articule autour de la question centrale suivante : Quels sont les principaux facteurs responsables des changements d'occupation des sols dans la forêt classée de Bandia entre 2000 et 2020, et quels sont leurs impacts sur la conservation de cet écosystème ? L'hypothèse retenue postule que ces changements sont principalement dus à l'urbanisation, à l'exploitation minière et à l'agriculture, et qu'ils ont engendré une dégradation significative du couvert végétal, affectant la biodiversité et la productivité floristique de la forêt. En réponse à cette problématique, l'approche méthodologique mobilisera l'analyse diachronique à partir d'images satellites et d'enquêtes de terrain, afin de proposer des pistes pour une gestion durable de cet espace forestier emblématique.

## **Milieu d'étude**

### **Situation géographique**

Située à une soixantaine de kilomètres de Dakar (capitale du Sénégal), le long de la Route Nationale n°1, la Forêt Classée de Bandia est à cheval sur les départements de Thiès et Mbour dans la Région de Thiès (figure 1). Elle polarise les Communes de Sindia à l'Est et à l'ouest, de Diass au nord-ouest, de Tassette, de Notto Diobass au nord-est et de Nguékhokh au Sud. Les principaux types de sols rencontrés sont : sols hydromorphes, sols ferrugineux tropicaux hydromorphes, sols rouges colluviaux, sols très profonds. La population totale de la région s'élève à environ 2 105 707 habitants ayant pour ethnie majoritaire les sérères. (Plan d'Action Forestier Régional 2004).

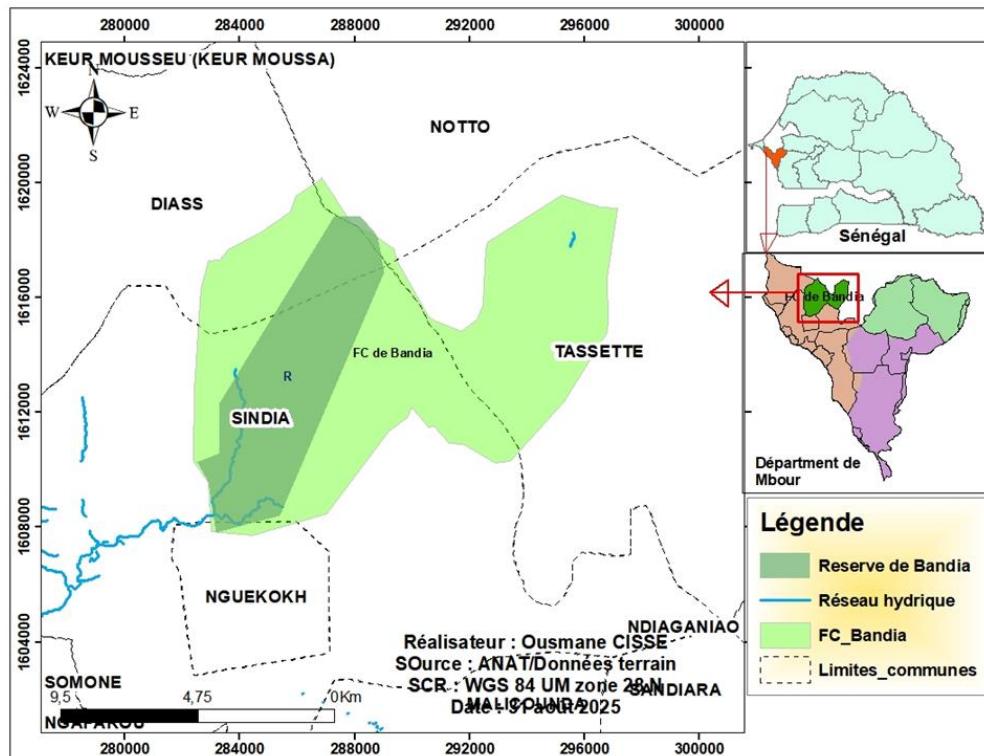


Figure 1: Carte de localisation de la forêt classée de Bandia

## Collecte de données

### Choix des images et prétraitement

Les images Landsat (30 m de résolution spatiale) prises en pleine saison sèche sur la période de 2000-2020, et issues des capteurs ETM+ (du 03/08/2000 ; 12/08/2010) et OLI (du 06/07/2020), ont fait l'objet d'analyse (tableau 1). Ces dernières ont été téléchargées sur le site : <https://earthexplorer.usgs.gov/> et choisies principalement en fonction de leur disponibilité, de la saisonnalité et de l'objectif de l'étude (Barima et al., 2009). Par ailleurs, leur utilisation a permis de couvrir une période durant laquelle, la région a connu une explosion démographique spectaculaire. Les prétraitements et traitements d'images Landsat ont été réalisés sous les logiciels ENVI 5.3 et ArcGIS 10.8. La correction des images (radiométrique) a porté sur l'application du gap Mask, qui a permis d'enlever les lignes d'erreurs sur les images Landsat ETM+.

**Tableau 1 : descriptif des images Landsat**

Capteurs	Date d'acquisition	Résolution spatiale (m)	Path/Row	Projection
Landsat7	08/12/2000	30x30	250/050	UTM/WGS84, 28
ETM+	20/12/2010	30x30	250/050	N UTM/WGS84, 28 N
Landsat8	20/10/2020	30x30	250/050	UTM/WGS84, 28
OLI TIR				N

Source : earthexplorer.usgs.gov

### **Classification et identification des classes d'occupation des sols**

La composition colorée d'une image est le résultat de la superposition des bandes dans les canaux Rouge, Vert et Bleu (RGB). Pour la présente étude, la composition colorée utilisée est celle dite infrarouge fausse couleur. Elle combine les bandes correspondantes aux longueurs d'ondes du PIR, R et V respectivement dans les canaux R-G-B. Il s'agit des bandes 4-3-2 des images Landsat7 ETM+ des années 2000 et de 2010, et des bandes 5-4-3 de l'image Landsat8 OLI\_TIRS de l'année 2020. Cette composition colorée s'appuie sur les propriétés de la végétation qui réfléchissent très fortement le rayonnement proche infrarouge (Mesmin et al., 2025; Girard et Girard, 1999) . Après classification supervisée sur le logiciel Arcmap 10.8 sept (07) classes d'occupation des sols ont été identifiées. L'interprétation des histogrammes s'est faite en fonction des valeurs numériques des pixels et de la réflectance de la surface des objets dans les différents canaux spectraux de l'image(Andrieu et al., 2020).

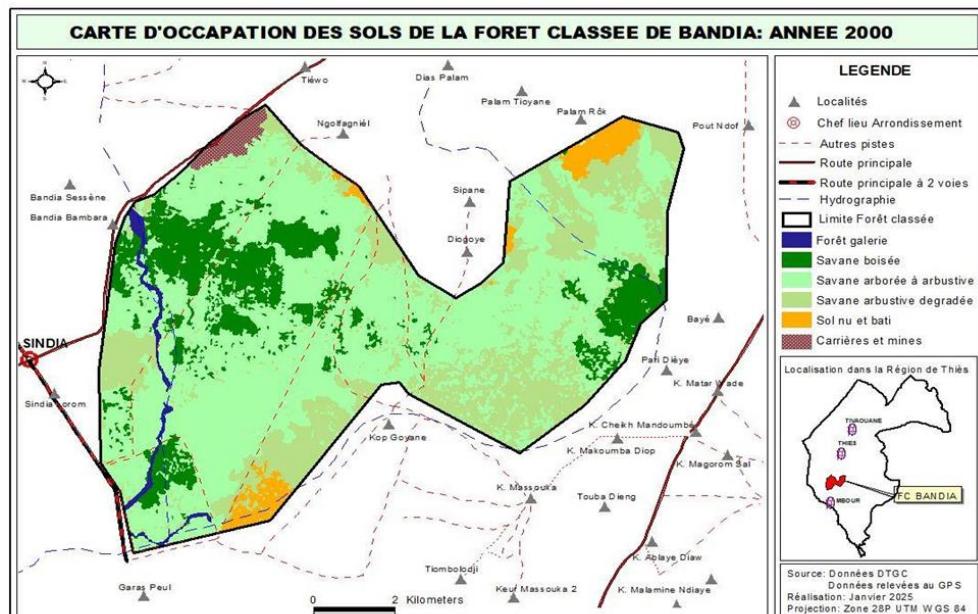
### **Résultats**

Les classes spectrales résultantes de la première classification ont fait l'objet d'une interprétation suivie d'un regroupement suivant les sept (07) classes thématiques qui composent la légende retenue (figure 2,3,4). Les classifications supervisées des images Landsat appuyées sur l'algorithme du maximum de vraisemblance ont donné des précisions globales de 82,89 % à 96,80% avec des valeurs de Kappa ( $\kappa$ ) allant de 88 % à 91 % (tableau 2). Ces résultats sont donc acceptables et peuvent être utilisées judicieusement. Par ailleurs, l'analyse visuelle des cartes montre une régression des savanes arborées à arbustives et les carrières et mines qui ont spectaculairement augmenté (figures 2,3 et 4). De plus, la forêt classée de Bandia était majoritairement dominée en 2000 par la savane arborée à arbustive avec un taux d'occupation de 59,23% de la surface totale, suivie de la savane arbustive dégradée et de la savane boisée avec respectivement 17,77% et 17,46%. Mais en 2010 la savane arbustive dégradée a connu une augmentation fulgurante de plus de 10% atteignant 27,09% de la forêt, au moment où la savane arborée à

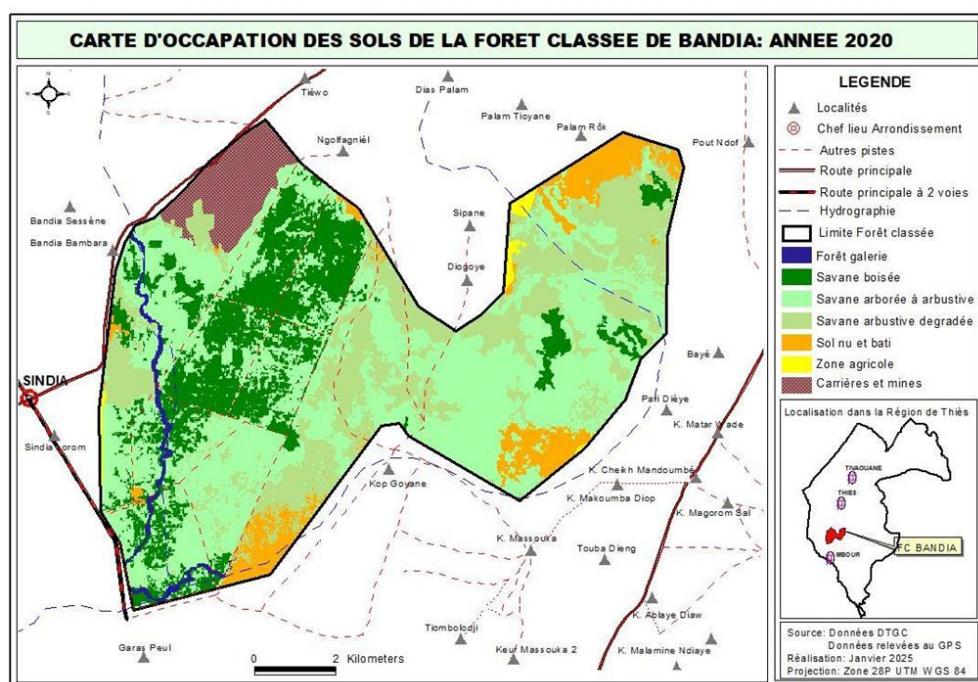
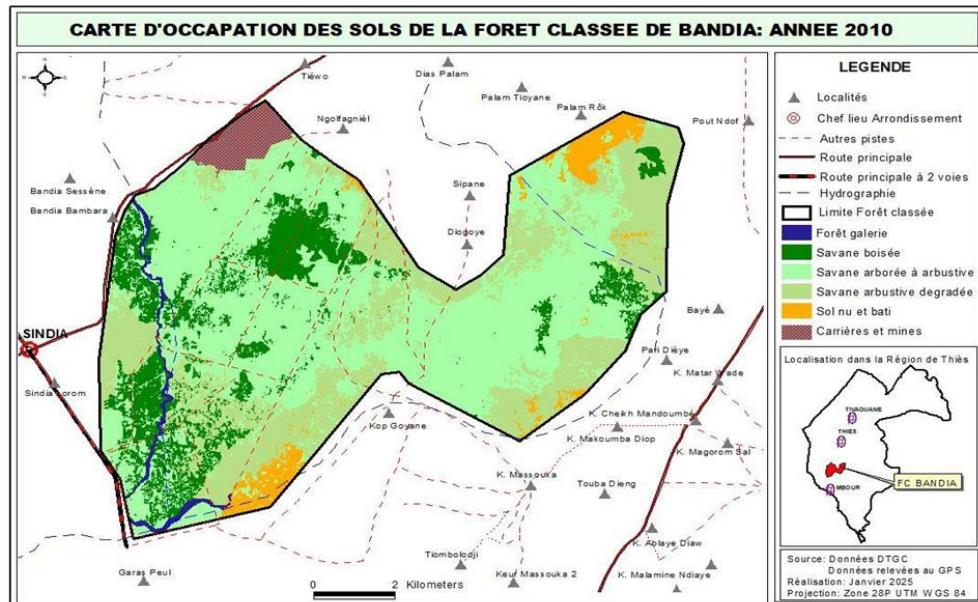
arbustive avec 46,23% et la savane boisée avec 16,51% affichent une régression sur la même période. Les zones de carrière et mines qui n'étaient que de 0,77% en 2000, dépassent presque de 4 fois la zone des galeries forestières en 2020. La classe zone agricole est nouvellement apparue en 2020 avec une proportion d'occupation de 2,02% de la superficie de la forêt, résultant d'une reconversion soit des savanes arbustives dégradées, soit des sols nus et bâtis (figure 5).

**Tableau 2 :** Valeurs de la précision globale et du coefficient Kappa issues de la classification supervisée des images Landsat TM, ETM+ et OLY/TIRS à partir de 40 points prélevés sur le terrain

Indices	2000	2010	2020
Coefficient Kappa	88	89	91
Précision globale (%)	82,89	87,70	96,80



**Figure 2:** Carte d'occupation des sols de la FCB en 2000



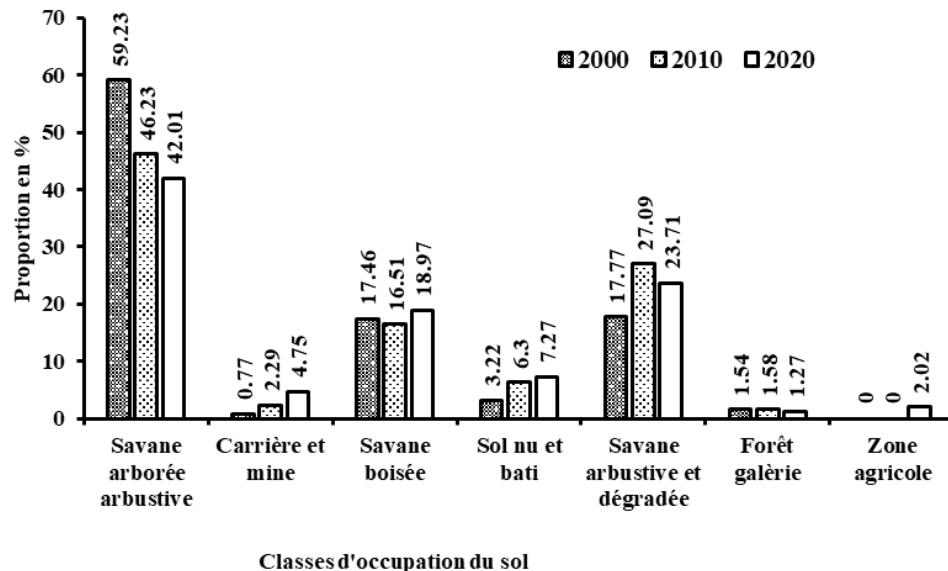


Figure 5 : Changement classe d'occupation du sol entre 2000, 2010 et 2020

## Discussions

L'étude porte sur l'analyse des transformations de l'occupation des sols dans la forêt classée de Bandia (FCB), en comparaison avec la Réserve animalière voisine, face aux pressions anthropiques croissantes. Elle mobilise une approche combinée reposant sur la télédétection, les SIG et les inventaires de terrain, dans une logique d'évaluation environnementale. Les résultats obtenus dans la forêt classée de Bandia (FCB) confirment une dynamique de dégradation environnementale fortement corrélée aux activités anthropiques, notamment l'extraction minière, le surpâturage, les feux de brousse et les coupes illégales. Ces constats rejoignent les observations faites dans d'autres contextes forestiers africains soumis à la pression minière, comme le montrent les études menées dans la région de l'Est du Cameroun (Voundi, 2025). À Bandia, la perte de 17 % du couvert de savane arborée en deux décennies, combinée à l'expansion des carrières de 0,77 % à 5 %, illustre un processus rapide de transformation des écosystèmes, analogue à celui observé dans l'Est camerounais, où l'arrivée massive de compagnies minières asiatiques a conduit à une exploitation peu encadrée, destructrice pour les milieux naturels (Voundi, 2025 ; MINEPAT, 2009a ; MINEPAT, 2009b ; Ottou, 2024). Dans les deux cas, les effets de cette ruée vers les ressources sont perceptibles par une fragmentation accrue des habitats, la pollution des cours d'eau, la déforestation, et l'appauprissement floristique. Durant la première décennie (2000–2010), l'impact dominant était la dégradation par extension de la savane arbustive. Dans la seconde période (2010–2020), la Réserve animalière

de Bandia a eu un effet régénérateur significatif sur l'écosystème, grâce à des mesures de gestion telles que l'extension de la clôture dès 2004 (Vermeulen, 1986), limitant la divagation animale et les feux. Cependant, la déforestation dans la FCB atteint un rythme élevé, estimé à 53,95 ha/an, soit 5 % de perte annuelle, bien supérieur à celui observé par Zakariyao et al. (2017) au Togo (<1 % en 60 ans). Cette dégradation s'explique par la prolifération des carrières et mines (Diagne et al., 2024), notamment celles de la SOCOCIM et des Cimenteries du Sahel (236 ha), dans un contexte de grands projets d'infrastructures d'État comme l'Aéroport International Blaise Diagne (3500 ha) ou la Zone Économique Spéciale Internationale (718 ha) (Niang, 2022). L'étude révèle également que la structure floristique de la réserve est nettement plus riche et diversifiée que celle de la forêt classée. Les populations locales interrogées reconnaissent unanimement les impacts négatifs de l'exploitation minière et l'absence de mesures de réhabilitation à ce jour, ce qui menace la pérennité même de la réserve. Malgré de nombreuses tentatives d'aménagement (études scientifiques ou projets institutionnels), aucune n'a abouti de manière satisfaisante, soulignant un besoin urgent de réforme de la gouvernance forestière.

## Conclusion

Cette étude a montré que les changements d'occupation des sols dans la Réserve de Bandia entre 2000 et 2020 sont fortement influencés par les pressions anthropiques, notamment l'exploitation minière et agricole. Les résultats mettent en évidence une régression marquée des savanes arborées et arbustives, ainsi qu'une extension spectaculaire des carrières et mines. Toutefois, le système de protection de la réserve a permis une certaine restauration des formations végétales, illustrant son efficacité locale mais limitée. La Réserve de Bandia peut inspirer des modèles de gestion durable, à condition d'adapter ses mécanismes aux réalités écologiques et sociales des autres forêts protégées. L'enjeu majeur demeure la nécessité d'une gouvernance forestière intégrée, combinant régulation stricte des activités extractives, participation des acteurs locaux et stratégies innovantes de conservation, afin d'assurer la durabilité des écosystèmes forestiers au Sénégal.

**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. Amy, D., Bruno, K. K., Bineta, N., Badara, D. A., Ousmane, C., Birahim, F., Youssoupha, D., Ismaïla, N., Awa, F., & Raoul, S. K. (2024). *Dynamique spatiale et temporelle de l'occupation de sol de la forêt classée de Bandia au Sénégal entre 2000 et 2020* *Spatial and temporal dynamics of land use in the Bandia classified forest in Senegal between 2000 and 2020.* 4(2), 1–17.
2. Andrieu, J., Lombard, F., Fall, A., Thior, M., Ba, B. D., & Dieme, B. E. A. (2020). Botanical field-study and remote sensing to describe mangrove resilience in the Saloum Delta (Senegal) after 30 years of degradation narrative. *Forest Ecology and Management*, 461(December 2019), 117963. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117963>
3. Barima, Y. S. S., Barbier, N., Bamba, I., Traoré, D., Lejoly, J., & Bogaert, J. (2009). Dynamique paysagère en milieu de transition forêt-savane ivoirienne. *Bois & Forêts Des Tropiques*, 299(299), 15. <https://doi.org/10.19182/bft2009.299.a20419>
4. Biaou, S., Houeto, F., Gouwakinnou, G., Honoré, S. S., Biaou, S., Houeto, F., Gouwakinnou, G., Sorotori, S., Biaou, H., & Awes-, B. (2019). Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord Bénin To cite this version : HAL Id : hal-02189367 Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol de la forêt classée de Ouénou-Bénou au Nord Bénin. *Hal-02189367*, 2, 1–20. <https://hal.science/hal-02189367>
5. Ottou M., 2024. La recomposition du secteur minier artisanal au Cameroun : contestation et négociation de l'accès dans les sites d'extraction de l'or dans les municipalités de Bétaré-Oya et Batouri. *Afrique contemporaine*, n° 277, p. 149-171.
6. Mesmin, T., Frédéric, S., Eric, V., Fendoung Phillettes, M., Makak Rose, N., Ismaël, I., & Frédéric Sédrick, T. (2025). Land Use and Land Cover changes in the Centre Region of Cameroon. *Journal of Advance Research in Social Science and Humanities (ISSN 2208-2387)*, 10(9), 36–70. <https://doi.org/10.61841/ta2n8a56>
7. Minepat (ministère de l'Économie, de la Planification et de l'Aménagement du Territoire), 2009a. *Document de stratégie pour la croissance et l'emploi*, République du Cameroun, Yaoundé, Minepat. <https://www.minepat.gov.cm>
8. Ngonon, F. A. (2017). La forêt, un patrimoine commun de l'humanité ? Réflexion sur les conflits de représentations de la forêt à l'aune de sa patrimonialisation. *Éthique Publique*, vol. 19, n° 2. <https://doi.org/10.4000/ethiquepublique.2999>
9. Sidy NIANG. (2022). *Année universitaire : 2020 / 2021*.

10. Zakariyao Koumoi, Tchaa Boukpessi, Koffi Djagnikpo Kpedenou. PRINCIPAUX FACTEURS EXPLICATIFS DE LA DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LE CENTRE-TOGO : APPOINT DES SIG ET DES STATISTIQUES SPATIALES . Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes (RIGES), 2017, 3, pp.252-273. [⟨hal-01672684⟩](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01672684)
11. Vermeulen, C. (1986). *La réserve faunique de Bandia ( Sénégal ) : modèle ou contre-modèle pour l ' Afrique de l ' Ouest ? January 2006*, 23–27.
12. Voundi, E. (2025). *La forêt dans les territoires miniers du Cameroun oriental Forests in Eastern Cameroon ' s mining territories La forêt dans les territoires miniers du Cameroun oriental Controverses entre exploitation et préservation.*

## Profil virologique de l'infection virale B chronique au Service de Médecine Interne de l'Hôpital National Donka de Conakry

**Diallo D.**

Faculté des sciences et techniques de la santé, Université Gamal Abdel Nasser, Conakry. Service de Médecine Interne, Hôpital National Donka, CHU Conakry, Guinée

**Kanté M.A.**

Service de Médecine Interne,  
Hôpital National Donka, CHU Conakry, Guinée

**Souaré O.**

Africa CDC (African center for diseases control)

**Diallo M.L.**

Service de Médecine Interne,  
Hôpital National Donka, CHU Conakry, Guinée

**Diallo K.**

**Diallo M.S.**

**Diallo A.T.**

Faculté des sciences et techniques de la santé, Université Gamal Abdel Nasser, Conakry. Service de Médecine Interne, Hôpital National Donka, CHU Conakry, Guinée

**Sow O.**

**Doumbouya N.B.**

**Barry F.D.**

Service de Médecine Interne,  
Hôpital National Donka, CHU Conakry, Guinée

**Sylla D.**

Faculté des sciences et techniques de la santé, Université Gamal Abdel Nasser, Conakry. Service de Médecine Interne, Hôpital National Donka, CHU Conakry, Guinée

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n27p75](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p75)

---

Submitted: 23 July 2025

Copyright 2025 Author(s)

Accepted: 11 September 2025

Under Creative Commons CC-BY 4.0

Published: 30 September 2025

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Diallo, D., Kanté, M.A., Souaré, O., Diallo, M.L., Diallo, K., Diallo, M.S., Diallo, A.T., Sow, O., Doumbouya, N.B., Barry, F.D. & Sylla, D. (2025). *Profil virologique de l'infection virale B chronique au Service de Médecine Interne de l'Hôpital National Donka de Conakry*

*B chronique au Service de Médecine Interne de l'Hôpital National Donka de Conakry.*  
European Scientific Journal, ESJ, 21 (27), 75. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p75>

## Résumé

**Introduction :** L'hépatite B est une inflammation du parenchyme hépatique provoquée par un virus hépatotrope. Malgré la disponibilité d'un vaccin efficace, l'infection chronique par le virus de l'hépatite B (VHB) demeure un problème majeur de santé publique en raison de sa forte prévalence, de ses complications et de son impact socio-économique.

**Objectif :** Décrire le profil virologique de l'infection chronique par le VHB chez les patients suivis au service de Médecine Interne de l'Hôpital National Donka.

**Méthodes :** Il s'agissait d'une étude rétrospective descriptive menée sur une période de six ans (1er janvier 2017 – 31 décembre 2022). Ont été inclus tous les dossiers médicaux de patients porteurs chroniques du VHB disposant du bilan minimal requis (biochimie, virologie et histologie), conformément aux recommandations de l'European Association for the Study of the Liver (EASL) 2017.

**Résultats :** Parmi les 1 436 patients porteurs du virus de l'hépatite B recensés, 464 (32,3 %) répondaient aux critères d'inclusion. L'âge moyen était de  $36 \pm 16,2$  ans (extrêmes : 18–74 ans), avec une prédominance masculine (60,1 %, sex-ratio 1,5). Les commerçants constituaient la catégorie socioprofessionnelle la plus représentée (16,6 %), suivis du personnel de santé (7,1 %). Les principaux facteurs de risque étaient liés aux soins médicaux, notamment les extractions dentaires (45 %) et les interventions chirurgicales (24,8 %), tandis que la scarification représentait 8,2 %. Un antécédent familial de portage du VHB a été retrouvé dans 23,3 % des cas, dont une transmission maternelle dans 20,4 %. L'infection était le plus souvent découverte de façon fortuite (80,2 %), traduisant une méconnaissance fréquente de la maladie. La charge virale était détectable chez la majorité des patients (89,4 %), avec des valeurs majoritairement faibles (<2000 UI/mL dans 71,6 % des cas). Cependant, 16,6 % présentaient une virémie supérieure à 10 000 UI/mL, exposant à un risque accru de progression vers des complications hépatiques. Les transaminases (ALAT et ASAT) restaient dans les limites de la normale chez plus de 85 % des patients, ce qui suggère que l'atteinte hépatique peut évoluer silencieusement. Une fibrose significative était néanmoins observée dans un quart des cas, soulignant l'importance du dépistage précoce et du suivi histologique. Sur le plan virologique, le profil prédominant était l'infection chronique HBeAg négative (70 %), suivie de l'hépatite chronique HBeAg négative (18,1 %). Trois cas d'hépatite B occulte (0,6 %) ont également été identifiés. Ces résultats mettent en évidence la forte proportion de patients présentant une infection à bas niveau de réPLICATION mais avec un risque non

négligeable de progression, ce qui justifie une surveillance clinique et virologique régulière pour prévenir les complications telles que la cirrhose et le carcinome hépatocellulaire.

**Conclusion :** L'infection chronique par le VHB touche principalement l'homme adulte jeune et est le plus souvent découverte de manière fortuite. Le profil virologique prédominant est l'infection chronique HBeAg négative, suivie de l'hépatite chronique HBeAg négative. Ces résultats soulignent la nécessité d'un dépistage systématique et d'une évaluation précoce du statut virologique et histologique afin d'orienter la prise en charge et de prévenir l'évolution vers les complications.

---

**Mots-clés:** Hépatite virale B, infection chronique, profil virologique, charge virale, fibrose hépatique, Hôpital National Donka, Guinée

---

## **Profil virologique de l'infection virale B chronique au Service de Médecine Interne de l'Hôpital National Donka de Conakry**

***Diallo D.***

Faculté des sciences et techniques de la santé, Université Gamal Abdel Nasser, Conakry. Service de Médecine Interne, Hôpital National Donka, CHU Conakry, Guinée

***Kanté M.A.***

Service de Médecine Interne,  
Hôpital National Donka, CHU Conakry, Guinée

***Souaré O.***

Africa CDC (African center for diseases control)

***Diallo M.L.***

Service de Médecine Interne,  
Hôpital National Donka, CHU Conakry, Guinée

***Diallo K.***

***Diallo M.S.***

***Diallo A.T.***

Faculté des sciences et techniques de la santé, Université Gamal Abdel Nasser, Conakry. Service de Médecine Interne, Hôpital National Donka, CHU Conakry, Guinée

***Sow O.***

***Doumbouya N.B.***

***Barry F.D.***

Service de Médecine Interne,  
Hôpital National Donka, CHU Conakry, Guinée

***Sylla D.***

Faculté des sciences et techniques de la santé, Université Gamal Abdel Nasser, Conakry. Service de Médecine Interne, Hôpital National Donka, CHU Conakry, Guinée

---

### **Abstract**

**Introduction :** Hepatitis B is an inflammation of the liver parenchyma caused by a hepatotropic virus. Despite the availability of an effective vaccine, chronic infection with the hepatitis B virus (HBV) remains a major public health problem due to its high prevalence, complications, and socioeconomic impact.

**Objective:** To describe the virological profile of chronic HBV infection in patients followed up in the Internal Medicine Department of Donka National Hospital.

**Methods:** This was a retrospective descriptive study conducted over a six-year period (January 1, 2017 – December 31, 2022). All medical records of chronic HBV carriers with the minimum required tests (biochemistry, virology, and histology) were included, in accordance with the recommendations of the European Association for the Study of the Liver (EASL) 2017.

**Results :** Among the 1,436 patients identified as carriers of the hepatitis B virus, 464 (32.3%) met the inclusion criteria. The mean age was  $36 \pm 16.2$  years (range: 18–74 years), with a predominance of males (60.1%, sex ratio 1.5). Traders were the most represented socio-professional category (16.6%), followed by healthcare workers (7.1%). The main risk factors were related to medical care, particularly tooth extractions (45%) and surgical procedures (24.8%), while scarification accounted for 8.2%. A family history of HBV carriage was found in 23.3% of cases, including maternal transmission in 20.4%. The infection was most often discovered incidentally (80.2%), reflecting a frequent lack of knowledge about the disease. The viral load was detectable in the majority of patients (89.4%), with mostly low values (<2000 IU/mL in 71.6% of cases). However, 16.6% had viremia greater than 10,000 IU/mL, exposing them to an increased risk of progression to liver complications. Transaminases (ALT and AST) remained within normal limits in more than 85% of patients, suggesting that liver damage may progress silently. Significant fibrosis was nevertheless observed in a quarter of cases, highlighting the importance of early screening and histological follow-up. From a virological perspective, the predominant profile was chronic HBeAg-negative infection (70%), followed by chronic HBeAg-negative hepatitis (18.1%). Three cases of occult hepatitis B (0.6%) were also identified. These results highlight the high proportion of patients with low-level replication infection but with a significant risk of progression, which warrants regular clinical and virological monitoring to prevent complications such as cirrhosis and hepatocellular carcinoma.

**Conclusion:** Chronic HBV infection mainly affects young adult men and is most often discovered incidentally. The predominant virological profile is chronic HBeAg-negative infection, followed by chronic HBeAg-negative hepatitis. These results highlight the need for systematic screening and early assessment of virological and histological status in order to guide management and prevent progression to complications.

---

**Keywords:** Viral hepatitis B, chronic infection, virological profile, viral load, hepatic fibrosis, Donka National Hospital, Guinea

## Introduction

L'hépatite B est une infection virale hépatotrope qui demeure un problème majeur de santé publique malgré l'existence d'un vaccin efficace. Elle touche plus de 260 millions de personnes dans le monde et constitue une cause majeure de cirrhose et de carcinome hépatocellulaire, entraînant une mortalité désormais supérieure à celle du VIH, de la tuberculose et du paludisme (Paccoud et al., 2019). L'Afrique subsaharienne, avec environ 65 millions de porteurs chroniques et 56 000 décès annuels, est particulièrement affectée (Ott et al., 2012 ; Mokdad et al., 2014).

L'histoire naturelle de l'infection par le VHB est marquée par des profils virologiques variés, allant du portage inactif à l'hépatite chronique active, dont l'identification repose sur l'AgHBe, la charge virale et les transaminases (EASL, 2017). Certaines formes, comme l'hépatite B occulte, restent toutefois difficiles à diagnostiquer.

La prévalence varie selon les contextes : 7,3 % en France (Steinmetz et al., 2010), 2,5 % au Maroc (OMS, 2017) et 11,1 % au Mali, où près d'un tiers des cas présentaient une charge virale élevée (Katilé et al., 2018).

En Guinée, les données sont encore limitées. Une revue récente a estimé la prévalence à 7,54 % (Souaré et al., 2024), tandis qu'une étude hospitalière a montré que 29,2 % des patients avaient une charge virale supérieure à 2000 UI/ml, avec une prédominance de l'hépatite chronique HBeAg négative (Camara et al., 2022). Cependant, peu d'études locales ont caractérisé de manière détaillée les profils virologiques, leur distribution et leurs implications cliniques.

Dans ce contexte de forte endémicité et de données encore fragmentaires en Guinée, la présente étude vise à décrire le profil virologique des patients porteurs chroniques du VHB suivis au service de Médecine Interne de l'Hôpital National Donka, afin de mieux documenter la situation et d'orienter la prise en charge.

## Méthodologie

### Type et période d'étude

Il s'agissait d'une étude rétrospective, descriptive, menée au service de Médecine Interne de l'Hôpital National Donka, Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Conakry. La période d'étude s'étendait sur six ans, du 1er janvier 2017 au 31 décembre 2022.

### Critères d'inclusion

Ont été inclus tous les dossiers médicaux des patients suivis en consultation externe pour une infection chronique par le virus de l'hépatite B (VHB), et disposant du bilan minimal recommandé pour l'évaluation du profil virologique selon la classification EASL 2017, comprenant :

- La quantification de l'ADN du VHB,
- La recherche de l'AgHBs,
- Le dosage des transaminases (ALAT, ASAT),
- L'évaluation de la fibrose hépatique.

### Critères de non-inclusion

Ont été exclus les dossiers incomplets, en particulier ceux ne comportant pas la quantification de l'ADN viral, l'AgHBe, ou le Fibrotest, rendant impossible la classification virologique.

### Définition et mesures des variables

1. **Paramètres sociodémographiques** : âge, sexe, profession.
2. **Paramètres cliniques** : circonstances de découverte de l'infection (fortuite, dépistage, signes cliniques), antécédents médicaux, facteurs de risque (actes médicaux, scarifications, antécédents familiaux), examen physique.
3. **Paramètres biologiques:**
  - **Marqueurs sérologiques** : AgHBs, AgHBe, anticorps anti-HCV.
  - **Charge virale (ADN-VHB)** : quantifiée par PCR en temps réel avec une limite de détection de 10 UI/ml (sensibilité 95–98 %, spécificité >99 %). Les résultats étaient classés en quatre catégories:
    - indétectable (<10 UI/ml),
    - <2 000 UI/ml,
    - 2 000–<10 000 UI/ml,
    - ≥10 000 UI/ml.
  - **Évaluation de la fibrose hépatique** : réalisée par Fibrotest qui est un score non invasif combinant les dosages biochimiques ( $\alpha$ 2-macroglobuline, haptoglobine, apolipoprotéine A1, bilirubine totale, GGT) ajustés à l'âge et au sexe. Le Fibrotest a une valeur prédictive négative élevée (>90 %) pour l'absence de fibrose sévère, mais une spécificité plus faible en cas de comorbidités hépatiques (alcool, syndrome métabolique).
  - **Classification virologique**

La stratification des patients suivait la classification **EASL 2017**.

- **Phase 1:** infection virale B chronique à AgHBe positif, précédemment appelée phase « immunotolérante »; caractérisée par la présence d'AgHBe, de très hauts niveaux d'ADN et des transaminases qui sont à des taux normaux. A ce stade, il n'existe pas de fibrose.

- **Phase 2:** hépatite virale B chronique à AgHBe positif, caractérisée par la présence de taux élevés d'ADN du VHB et une élévation du taux des transaminases. Il existe une fibrose modérée à sévère.
- **Phase 3:** infection virale B chronique à AgHBe négatif, précédemment appelée phase de « porteur inactif », est caractérisée par la présence d'anticorps anti-HBe (Ac anti-HBe), des taux d'ADN du VHB indétectables ou faibles (< 2 000 UI/ml), des transaminases normales, sans fibrose.
- **Phase 4:** hépatite virale B chronique à AgHBe négatif caractérisée par une absence d'AgHBe généralement associée à un Ac anti HBe détectable et par des taux persistants ou fluctuants d'ADN du VHB sérique ainsi que des transaminases fluctuantes ou constamment élevées. L'histologie hépatique montre une nécrotico-inflammation et une fibrose.
- **Phase 5:** la phase AgHBs négatif est caractérisée par l'absence d'AgHBs et la présence des anticorps anti-HBc positifs (Ac anti HBc), sans anticorps anti HBs, également appelée « infection occulte par le VHB ». Les transaminases peuvent être normales ou augmentées, l'ADN du VHB est souvent indétectable.

### Gestion des données manquantes

Les dossiers présentant des données biologiques ou virologiques incomplètes (absence d'ADN viral, Fibrotest ou sérologie de base) ont été exclus de l'analyse. Pour les variables sociodémographiques ou cliniques partiellement manquantes, une analyse en effectif disponible (**analyse en pairwise deletion**) a été réalisée, sans imputation statistique.

### Analyse statistique

Les données ont été saisies et analysées à l'aide du logiciel **SPSS version 18.0.2**.

- Les variables qualitatives ont été exprimées en fréquences et pourcentages.
- Les variables quantitatives ont été présentées en moyennes  $\pm$  écart-type ou en médianes (interquartiles) selon leur distribution.
- Une régression logistique binaire a été réalisée pour évaluer l'association entre la charge virale et les facteurs sociodémographiques, cliniques et paracliniques
- Les résultats ont été illustrés par des tableaux et figures réalisés sous Microsoft Office 2016.

**Considérations éthiques:** Les données ont été collectées sous anonymat et les informations obtenues ont été utilisées dans un but purement scientifique.

## Résultats

Sur 1 436 cas d'infection virale B recensés, 464 répondaient aux critères d'inclusion (32,3 %). L'âge moyen des patients était de 36 ans ( $\pm 16,2$ ), avec une nette prédominance masculine (sex-ratio 1,5).

La majorité des patients étaient jeunes adultes, avec une forte représentation des commerçants, des ménagères et des étudiants. Les professionnels de santé représentaient 7,1 % de l'échantillon. Près d'un quart des patients rapportaient un antécédent familial de VHB, dont une transmission maternelle dans la majorité des cas. Les principaux facteurs de risque identifiés étaient liés aux soins médicaux (soins dentaires et chirurgie), suivis des pratiques traditionnelles (scarification, piercing).

L'infection était le plus souvent découverte fortuitement, et les patients étaient en grande majorité asymptomatiques. Quelques cas présentaient des manifestations cliniques mineures telles que l'asthénie, l'ictère ou l'hépatomégalie.

Sur le plan biologique, l'ADN viral était détectable dans près de 90 % des cas, mais avec une charge virale faible (< 2 000 UI/mL) pour la majorité. La plupart des patients avaient des transaminases normales. Une co-infection VHB/VHC a été retrouvée chez 3,4 %. L'évaluation histologique montrait que plus de la moitié des patients n'avaient pas de fibrose, mais environ un quart présentaient une fibrose significative à sévère. Selon la classification EASL 2017, le profil virologique dominant était l'infection chronique AgHBe négatif, représentant près des deux tiers des cas, suivi de l'hépatite chronique AgHBe négatif. Quelques cas d'hépatite B occulte ont également été identifiés.

**Tableau 1 :** Répartition des 464 patients selon les tranches d'âge

Tranche d'âge	Effectif	Pourcentage (%)
18-29	171	36,9
30-39	155	33,4
40-49	71	15,3
50-59	46	9,9
$\geq 60$	21	4,5
<b>Total</b>	<b>464</b>	<b>100</b>

**Tableau 2 : Facteurs de risque de l'infection virale B des 464 patients**

Facteurs de risque	Effectif N=464	Pourcentage (%)
Soins dentaires	209	45
Chirurgie	115	24,8
Piercing	44	9,5
Scarification	38	8,2
Transfusion sanguine	24	5,2
Endoscopie	20	4,3
Tatouage	5	1,1
Accident d'exposition au sang	5	1,1
Pédicure/Manucure	5	1,1
Pratique sexuelle à risque	2	0,4
Acupuncture	5	1,1

**Tableau 3 : Répartition des 464 patients selon les circonstances du diagnostic et les manifestations cliniques**

	Caractéristiques	Nombre N=464	Pourcentage %
Circonstance du diagnostic	Fortuite	377	81,1
	Manifestations cliniques	65	14
	CPN	18	3,9
	Dépistage familial	2	0,4
	Don de sang	1	0,2
Manifestations cliniques	Bilan pré-opératoire	1	0,2
	Asymptomatique	399	85,9
	Asthénie physique	51	10,9
	Ictère	8	1,5
	Hépatomégalie	6	1,3

**Tableau 4 : Répartition des 464 patients selon les paramètres biologiques**

Paramètres		Effectif N= 464	Pourcentage %
ALAT	< LSN	400	86,2
	>LSN	64	13,8
ASAT	< LSN	416	89,7
	>LSN	48	10,3
Bilirubine totale	Normale	432	93,1
	>Normale	32	6,9
AgHBs	Positif	461	99,4
	Négatif	3	0,6
AgHBe	Positif	54	11,6
	Négatif	410	88,4
AcantiHVC	Positif	16	3,4
	Négatif	448	96,6

LSN : limite supérieure de la normale

**Tableau 5 : Répartition des 464 patients selon les valeurs de la charge virale**

ADN Viral B	Effectif N=464	Pourcentage (%)
Indétectable	49	10,6
Détectable	415	89,4
• < 2000 UI/ml	297	71,6
• 2000<ADN<10000 UI/ml	49	11,8
• ≥ 10000 UI/ml	69	16,6

**Tableau 6 : Répartition des 464 patients selon le profil virologique selon EASL 2017**

Paramètres	Effectif N= 464	Pourcentage %
Infection virale B chronique à AgHBe négatif	325	70,0
Hépatite virale B chronique à AgHBe négatif	84	18,1
Hépatite virale B chronique à AgHBe positif	27	5,8
Infection virale B chronique à AgHBe positif	25	5,4
Hépatite virale B occulte	3	0,6

**Tableau 7 : Analyse multivariée entre la charge virale, et les facteurs socio-démographique, clinique, paraclinique**

Caractéristique	OR	95% IC	p-value
Sexe			0,073
Féminin	—	—	
Masculin	1,76	0,95 – 3,30	0,074
Ac Anti HBe			0,065
Négatif	—	—	
Positif	0,5	0,25 – 1,04	0,057
Profil virologique			0,7
Hépatite virale B chronique à Ag HBe négatif	—	—	
Hépatite virale B chronique à AgHBe positif	1 187 954	0,00 –	>0,9
Hépatite virale B occulte	80 308 554	0,00 –	>0,9
Infection virale B chronique à Ag HBe négatif	0,56	0,11 – 2,12	0,4
Infection virale B chronique à Ag HBe positif	0,44	0,06 – 2,88	0,4
Activités_fibrose_AN_type_malade			0,003
F≥2, ADN indétectable <2000 UI	—	—	
F≥2, ADN >2000 UI	33 296 515	0,00 –	>0,9
F≤1, ADN indétectable < 2000 UI	3,14	0,60 – 16,5	0,2
F≤1, ADN >2000 UI	2 722 103 249 071	-	>0,9

## Discussion

Cette étude avait pour objectif de décrire le profil virologique de l'infection virale B chronique au service de Médecine Interne de l'Hôpital National Donka du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Conakry.

Le taux d'inclusion observé dans notre travail (32,3 %) se rapproche de celui rapporté par Camara et al. En,2022 à Sigiri (Guinée) où 37,6 % des patients avaient réalisé le bilan virologique minimal nécessaire à la détermination du profil virologique de l'hépatite B chronique.

La faible proportion de patients ayant réalisé ce bilan s'expliquerait principalement par le coût élevé des examens nécessaires à cette classification.

L'âge moyen de nos patients était de  $36 \text{ ans} \pm 16,15$  avec des extrêmes de 18 à 74 ans. Ce résultat contraste avec celui de Lawson-Ananissoh et al en 2017 en Côte-d'Ivoire où l'âge moyen était de  $46 \pm 12,4$  ans, avec des extrêmes de 25 et 77.

La prédominance d'une population plus jeune dans notre série peut s'expliquer par le profil démographique de la Guinée, caractérisé par une population majoritairement jeune (EDS,2018).

Cette prédominance masculine de 60,1 % de notre étude était en cohérence avec celle rapportée dans plusieurs travaux menés en Afrique (Pamatika et al., 2022 ; Musa et al., 2015 ; Boumansour et al.,2016). Les données épidémiologiques européennes vont également dans le même sens : 59 % en France rapportées par Pioche et al. en 2014, 60,9 % au Royaume-Uni rapportées par Tedder et al., en 2013 et 76,2 % en Italie rapportées par Leluzzi et al., en 2014.

Cette surreprésentation masculine pourrait s'expliquer, d'une part, par le tropisme masculin de l'hépatite B décrit dans la littérature par Trepo et al., en 1984, et d'autre part, par certaines pratiques plus fréquentes chez les hommes, telles que le tatouage ou la fréquentation de barbiers qui augmentent le risque d'exposition aux infections transmises par le sang.

Le taux d'atteinte virale B retrouvés chez les professionnels de santé de 7,1 % était comparable à celui rapporté par Zida et al., en 2023 au Burkina Faso, qui était de 7,4 %. Plusieurs études ont montré que les professionnels de santé présentent un risque accru d'infection par le virus de l'hépatite B (VHB), estimé à environ quatre fois supérieur à celui de la population générale, en raison de leur exposition fréquente au sang et aux liquides biologiques (Prüss-Üstün et al., 2005). Cette vulnérabilité souligne l'importance d'un dépistage régulier et d'une vaccination systématique dans ce groupe professionnel. Cependant, selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), la couverture vaccinale contre le VHB chez les professionnels de santé demeure faible dans les pays à revenu faible et intermédiaire, variant entre 18 % et 39 %, alors qu'elle atteint entre 67 % et 79 % dans les pays à revenu élevé (WHO, 2017). Ce faible niveau de protection dans les contextes à ressources limitées s'explique notamment par l'insuffisance des politiques de prévention ciblées, le manque de sensibilisation et l'accès restreint aux services de vaccination. En Guinée, les données relatives à la prévalence de l'infection par le VHB dans les différentes couches socio-professionnelles, en particulier les professionnels de santé, demeurent limitées, voire inexistantes. Cette absence de données constitue un obstacle majeur à la mise en place de stratégies de prévention adaptées et souligne la nécessité de conduire des études épidémiologiques ciblées pour mieux orienter les politiques nationales de lutte contre l'hépatite virale B.

Dans notre étude, la découverte de l'hépatite virale B était fortuite dans 81,1 % des cas, tandis que 14 % des patients avaient été diagnostiqués à la suite de manifestations cliniques. Ce résultat diffère de celui de Touahar et al., qui, en 2020 en Algérie, qui avaient observé que le dépistage prénatal représentait le mode de découverte le plus fréquent, avec une proportion de 30,2 %.

La forte proportion de découvertes fortuites dans notre série pourrait s'expliquer par le caractère souvent asymptomatique de l'hépatite B en l'absence de complications (HAS, 2006).

L'atteinte virale B dans la famille représentait 23,3 % des cas, dont une atteinte maternelle dans 20,4 % des cas. La transmission précoce du virus de l'hépatite B (VHB) de la mère à l'enfant, suspectée par Gillespie et al., en 1970 semble résulter de transferts de virus du fait de lésions placentaires pendant la grossesse, de micro-perfusions du sang maternel dans la circulation du nourrisson lors de l'accouchement, de l'ingurgitation de sang maternel, de liquide amniotique et des sécrétions vaginales lors du passage dans le canal vaginal, ou d'abrasions cutanées lors de l'utilisation d'instruments pendant l'accouchement (Lee et al., 1988).

L'examen physique était normal dans la majorité des cas soit 85,9% ; l'ictère et l'hépatomégalie étaient retrouvés dans respectivement 1,5 % et 1,3%. Kpossou et al., en 2019 au Bénin avaient rapporté que la majorité des patients présentant une hépatite B consultait pour la positivité de l'Ag HBs (57,6%) sans aucune symptomatologie clinique. Notre résultat pourrait s'expliquer par le fait que l'hépatite virale B reste asymptomatique pendant la phase chronique en dehors de la survenue des complications.

L'ADN viral du VHB était détectable chez la majorité des patients de notre étude (89,4 %), bien que dans 71,6 % des cas, la charge virale soit inférieure à 2000 UI/ml. Ce taux élevé de détection contraste nettement avec les résultats rapportés par Camara et al., en 2022 en Guinée (Siguiri), qui avaient trouvé une proportion bien plus faible de charge virale détectable (24,5 %).

Plusieurs facteurs pourraient expliquer cette différence, notamment le profil des populations étudiées, les critères d'inclusion, le moment du dosage ou encore les outils techniques utilisés pour la quantification de l'ADN viral. La forte proportion de charges virales faibles dans notre étude pourrait refléter une phase inactive de la maladie chez de nombreux patients, caractérisée par une réPLICATION virale minimale et une activité nécro-inflammatoire modérée, comme le suggère également le profil Actitest majoritairement A0. Cela soulève néanmoins l'importance d'un suivi longitudinal pour évaluer l'évolution virologique et biologique des patients, car une charge virale faible n'exclut pas le risque de progression vers la fibrose ou le carcinome hépatocellulaire (Terrault et al., 2018 ; EASL 2017). L'absence de fibrose

observée chez 56,4 % de nos patients est en accord avec les résultats rapportés par Diallo et al., en 2020 en Guinée, ainsi que par Dembélé et al. en, 2011 au Mali, qui avaient retrouvé respectivement une absence de fibrose dans 58,2 % et 46,94 % des cas.

Cette proportion élevée de patients sans fibrose pourrait refléter une détection relativement précoce de l'infection ou une phase inactive de l'hépatite B chronique, caractérisée par une faible activité nécro-inflammatoire et une réplication virale modérée ou absente (Terrault et al., 2018). Elle souligne également l'importance d'un dépistage systématique et d'un suivi régulier, car même en l'absence de fibrose initiale, une progression silencieuse vers des formes plus avancées reste possible chez certains patients (EASL, 2017). Des études longitudinales ont montré que l'évolution de la fibrose hépatique peut être influencée par plusieurs facteurs, notamment l'âge, la charge virale persistante, la co-infection, l'alcool, et les comorbidités métaboliques (Poynard et al., 1997).

Le profil virologique observé chez nos patients diffère de celui rapporté par Camara et al., en 2022 en Guinée, qui avaient trouvé une prédominance de l'hépatite virale B chronique à AgHBe négatif (48,7 %), suivie de la forme à AgHBe positif (1,8 %).

Cette divergence pourrait s'expliquer par des différences dans les caractéristiques des populations étudiées, notamment l'âge, le statut immunitaire ou les phases évolutives de l'infection. En effet, l'hépatite B chronique à AgHBe négatif est généralement observée dans les formes plus tardives de l'infection, souvent associée à des mutations du pré-Core ou du promoteur basal du core, responsables d'une réplication virale persistante sans expression de l'AgHBe (EASL, 2017 ; Lok et al., en 2009). Ce profil est également plus fréquent chez les patients plus âgés et dans les zones de forte endémie, il est également souvent associé à un risque accru de progression vers la cirrhose ou le carcinome hépatocellulaire (Brunetto en 2010).

La régression multivariée n'a identifié aucune association statistiquement significative entre la charge virale et les facteurs sociodémographiques, cliniques ou paracliniques. Bien que les hommes et les patients négatifs pour l'Ac anti HBe montrent une tendance vers une association, ces résultats ne sont pas significatifs. Les OR extrêmes observés pour certains profils virologiques et catégories de fibrose/ADN reflètent des effectifs faibles et limitent l'interprétation. Des études futures avec un échantillon plus large sont nécessaires pour confirmer ces tendances.

## **Limites**

Cette étude présente certaines limites qui sont entre autres un biais de recrutement hospitalier lié à l'inclusion dans un CHU tertiaire, ce qui restreint la représentativité nationale ; une conception rétrospective avec dossiers

incomplets et risque de biais d'information ; une validité externe limitée, rendant difficile la généralisation des résultats ; et des lacunes analytiques (absence de génotypage, de suivi longitudinal, de données sur les cofacteurs). Ces éléments imposent une interprétation prudente et limitent la comparabilité avec d'autres études tout en suggérant des études prospectives pour une meilleure compréhension

## Conclusion

Notre étude met en évidence un profil dominé par l'infection chronique à AgHBe négatif, survenant majoritairement chez de jeunes adultes masculins, souvent asymptomatiques, avec des transaminases normales et une fibrose absente ou minime. Le faible taux d'inclusion, lié à la faible accessibilité aux marqueurs virologiques et aux tests de fibrose, souligne les limites actuelles de la prise en charge. Ces résultats plaident pour un dépistage élargi, notamment en consultation prénatale et au sein des familles, un suivi périodique standardisé et un accès facilité aux examens complémentaires, tout en ciblant le traitement sur les patients à risque. La traduction opérationnelle de ces constats dans une politique nationale intégrée incluant le dépistage, la vaccination à la naissance et des soignants, ainsi que la subvention des tests apparaît prioritaire pour réduire durablement la charge du VHB en Guinée.

**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. Lee, WM. Hepatitis B virus infection. (1997). *N Engl J Med*; 336(12):1733-45. Doi: 10.1056/NEJM199712113372406. PMID: 9392700.
2. Pirateepkumar, V., Kulendran, S., Nadarajah, S., & Murugananthan, K. (2014). Hepatitis B vaccine immunogenicity among nurses of a hospital. *Ceylon Medical Journal*; 59: 59-60. <https://doi.org/10.4038/cmj.v59i2.7065>
3. Barbare, JC. (2009). Déclaration de Rabbat. *Cancero dig*.1(2): 104-106.
4. European Association for the Study of the Liver. EASL 2017 Clinical Practice Guidelines on the management of hepatitis B virus infection. *J Hepatol*. 2017 Aug ;67(2) :370-398. Doi: 10.1016/j.jhep.2017.06.014

- 10.1016/j.jhep.2017.03.021.
5. Berrajah-Fki, L., Ben Halima, S., Guermazi, F., Hammami, A., & Karray-Hakim, H. (2006). Signification du profil sérologique “anticorps anti HBc isolés” chez 284 patients suspects d’être infectés par le virus de l’hépatite B. *Annual Biology Clinical*, 64, 451-455.
  6. Paccoud, O., Surgers, L. & Lacombe, K. (2019). Infection par le virus de l’hépatite B: histoire naturelle, manifestations cliniques et principes thérapeutiques. *Rev Médecine Intern*; 40 :590–8. <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2019.03.333>.
  7. Steinmetz, J., Coste, D., Meyer, JF., Leiser, S., Giordanella, JP., Gueguen, R., & Desenclos, JC. (2010). Prevalence of hepatitis B and hepatitis C virus infections in France in 2004: social factors are important predictors after adjusting for known risk factors. *J Med Virol*. 82(4):546-55. Doi: 10.1002/jmv.21734.
  8. Ott, JJ., Stevens, GA., Groeger, J., & Wiersma, ST. (2012). Global epidemiology of hepatitis B virus infection: new estimates of age-specific HBs Ag seroprevalence and endemicity. *Vaccine*. 30(12):2212–19. Doi: 10.1016/j.vaccine.2011.12.116.
  9. Mokdad, AA., Lopez, AD., Shahraz, S., Lozano, R., Mokdad, AH., Stanaway, J., Murray, CJL., & Naghavis, M. (2014). Liver cirrhosis mortality in 187 countries between 1980 and 2010: a systematic analysis. *BMC Med*. 12:145. doi: 10.1186/s12916-014-0145-y.
  10. Katilé, D., Konaté, I., Goita, D., Koboré, M., Dicko, MY., & Mallé, O. (2018). Prévalence de l’AgHBs et profil sérologique du virus de l’hépatite B en consultation de Médecine Générale de l’hôpital régional de Kayes au Mali. *Health science and Disease*. 19(4); 165-168. <https://doi.org/10.5281/hsd.v19i4.1193>
  11. Souaré, OII., Huws, J., Diallo, D., & Diallo, K. (2024). Epidemiology of Viral Hepatitis B and C in Guinea: Scooping Review. *Health Research in Africa*. 2(4):1-10. <https://doi.org/10.5281/hra.v2i4.5456>
  12. Camara, T., Fa, T., Camara, M., & Diakité, M. (2022). Profil Immuno-Virologique des Patients Infectés par le Virus De l’ Hépatite B à Siguiri (Guinée) Immuno-virologic profile of patients infected by hepatitis B virus at Siguiri (Guinea). *Heal Sci Dis*. 23(6):36-9. <https://doi.org/10.5281/hsd.v23i6.3718>
  13. Lawson-Ananissoh, LM., Attia, KA., Diallo, D., Doffou, S., & Kissi, YH BD. (2017). Distribution et implications cliniques des génotypes du virus de l’ hépatite B chez 33 porteurs chroniques du virus de l’ hépatite B en Côte-d’ Ivoire. *J Afr Hépatol Gastroentérol*. 5(2) :1-5. <http://dx.doi.org/10.1007/s12157-017-0726-4>
  14. Enquête Démographique et de Santé -Guinée. INS. 2018 ;24(1).
  15. Pamatika, CM., Mossoro-Kpindé, CD., Diemer, SH., Kongo, GN.,

- Lenguetama Kodia, RE., Nguida, H., & Longo, J. (2022). Prévalence de l'hépatite virale B chronique à Bangui et Bimbo en République Centrafricaine: cas des donneurs bénévoles réguliers non éligibles pour les dons de sang. *Ann Afr Med.* 15 (4): e4810-e4817. <https://dx.doi.org/10.4314/aamed.v15i4.7>
16. Musa, BM., Bussell, S., Borodo, MM., Samaila, AA., & Femi, OL. (2015). Prevalence of hepatitis B virus infection in Nigeria, 2000-2013: a systematic review and meta-analysis. *Niger J Clin Pract.* 18(2) :163-172. <https://doi.org/10.4103/1119-3077.151035>
17. Boumansour, N., Midoun, N., Mallem, L., & Hakem, S. (2016). Profil épidémiologique de l'hépatite virale B à l'ouest Algérien, 2010–2012. *Rev d'Epidémiologie Santé Publique.* 64: S207. Doi: 10.1016/j.respe.2016.06.100
18. Pioche, C., Brouard, C., Chevaliez, S., Alric, L., Couzigou, P., Delarocque-Astagneau, E., Denis, F., Goria, O., Guyader, D., Marcellin, M., Roudot Thoraval, F., Roulot, D., Silvain, S., Zarski, JP., Semaille, C., & Larsen, C. (2014). Hépatite B chronique: prise en charge en France entre 2008 et 2011. *Bull Epidémiol Hebd.* 12: 210-6.
19. Tedder, RS., Rodger, AJ., Fries, L., Ijaz, S., Thursz, M., Rosenberg, W., Naoumov, N., Banatvala, J., Williams, R., Dusheiko, G., Chokshi, S., Wong, T., Rosenberg, G., Moreea, S., Bassendine, M., Jacobs, M., Mills, PR., Mutimer, D., Ryder, SD., Bathgate, A., Hussaini, H., Dillon, JF., Wright, M., & al. (2013). The diversity and management of chronic hepatitis B virus infections in the United Kingdom: a wake-up call. *Clin Infect Dis.* 56(7) :951-60. Doi: 10.1093/cid/cis1013.
20. Leluzzi, D., Covolo, L., Donato, F., & Fattovich, G. (2014). Progression to cirrhosis, hepatocellular carcinoma and liver-related mortality in chronic hepatitis B patients in Italy. *Dig Liver Dis.* 46(5) :427-32. Doi: 10.1016/j.dld.2014.01.003.
21. Trepo, C., Bouvet, B., & Bertarnd, L. (1984). Viral Hepatitis: The Causative Agents of the Hepatitis B Virus. *Encyclopédi médico-Chirurgicale (Foie-Pancreas)* :10 p.
22. Zida, S. Ouedraogo, HG., Kambire, D., Soubeiga, ST., Dabire, SC., Compaore, TR., Ouedraogo, O., Bicaba, B., Ilboudo, S., & Kouanda, S. (2023). Portage de l'Antigène de surface du virus de l'hépatite B chez les professionnels de santé à Ouagadougou, au Burkina Faso en 2021. *Jr Sc de la santé.* 46 (2) :75-84.
23. Prüss-Üstün, A., Rapiti, E., Hutin, Y. Estimation of the global burden of disease attributable to contaminated sharps injuries among health-care workers. *Am J Ind Med.* 2005;48(6):482–490.
24. World Health Organization. *Global Hepatitis Report 2017.* Geneva: WHO; 2017.

25. Touahar, M. (2020). Le profil épidémiologique et biologique de l'hépatite virale B dans la ville de Ouargla durant l'année 2020. Thèse. 1-60.
26. Haute Autorité de santé. Guide-Affection de longue durée. Hépatite chronique B. October 2006.  
[www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/07-007](http://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/07-007).
27. Gillespie, A., Dorman, D., Walker-Smith, JA., & Yu, JS. (1970). Neonatal hepatitis and Australia antigen. *Lancet*. 2(7682):1081. doi: 10.1016/s0140-6736(70)90308-9.
28. Lee, SD., Lo, KJ., Tsai, YT., Wu, JC., Wu, TC., Yang, ZL., & Ng, HT. (1988). Role of caesarean section in prevention of mother-infant transmission of hepatitis B virus. *Lancet*. 2(8615):833-4. doi: 10.1016/s0140-6736(88)92792-4.
29. Kpossou, AR., Séhonou, J., Wanvoegbe, FA., Abattan, C., Sokpon, CNM., & Vignon, RK. (2019). Hépatite virale B et C: aspects épidémiologique et clinique au Centre National Hospitalier et Universitaire de Cotonou. *Rev Panafricaine, Int.* 8(3).
30. Terrault, NA., Lok, ASF., McMahon, BJ., Chang, KM., Hwang, JP., Jonas, MM., Brown RS, Jr., Bzowej, NH., & Wong, JB. (2018). Update on prevention, diagnosis, and treatment of chronic hepatitis B: AASLD 2018 hepatitis B guidance. *Hepatology*. 67(4) :1560-1599. Doi: 10.1002/hep.29800.
31. Diallo, D., Diallo, K., Diallo, AM., & Diallo, MM. (2020). Epidemiological, Clinical and Biological Characteristics of Patients with Chronic Hepatitis B Infection Followed Up at the University Hospital of Conakry. *J Gastroenterol*.10 :256- 65. DOI: 10.4236/ojgas.2020.1010025
32. Dembélé, R. Profil épidémiologique et sérologique du virus de l'hépatite B dans un milieu urbain Bamako. *Thèse Mali*. 2011 ;1-62.
33. Poynard, T., Bedossa, P., & Opolon, P. (1997). Natural history of liver fibrosis progression in patients with chronic hepatitis C. The OBSVIRC, METAVIR, CLINIVIR, and DOSVIRC groups. *Lancet*. 349(9055) :825-32. Doi: 10.1016/s0140-6736(96)07642-8.
34. Lok, AS., & McMahon, BJ. (2009). Chronic hepatitis B: update 2009. *Hepatology*. 50(3) :661-2. Doi: 10.1002/hep.23190.
35. Brunetto, MR. (2010). A new role for an old marker, HBsAg. *J Hepatol*. 52(4) :475-7. Doi: 10.1016/j.jhep.2009.12.020.

## **Kyste du cholédoque compliqué d'une cirrhose biliaire secondaire chez un nourrisson de 12 mois**

***Folly Amavi***

Service de chirurgie pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Kara,  
Université de Kara, Togo

Service de pédiatrie du Centre Hospitalier Universitaire Kara, Togo

***Talboussouma Sollim Myriam***

Service de pédiatrie du Centre Hospitalier Universitaire Kara, Togo

***Salhadine Yacoub Ahmat***

Service de chirurgie pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Campus,  
Lomé, Togo

***Kogoe Roland***

Service d'hépato-gastro-entérologie du Centre Hospitalier Universitaire  
Campus, Lomé, Togo

***Donou Amivi Alice***

***Kebalo Sosso Piham***

Service de chirurgie pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Campus,  
Lomé, Togo

***Boume Missoki Azanledji***

Service de chirurgie pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Kara,  
Université de Kara, Togo

***Akakpo-Numado Gamedzi Komlatsè***

Service de chirurgie pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Campus,  
Lomé, Togo

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n27p93](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p93)

---

Submitted: 23 April 2025

Copyright 2025 Author(s)

Accepted: 30 August 2025

Under Creative Commons CC-BY 4.0

Published: 30 September 2025

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Folly, A., Talboussouma, S.M., Salhadine, Y.A., Kogoe, R., Donou, A.A., Kebalo, S.P., Boume, M.A. & Akakpo-Numado, G.K. (2025). *Kyste du cholédoque compliqué d'une cirrhose biliaire secondaire chez un nourrisson de 12 mois*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (27), 93. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p93>

---

### **Résumé**

Le kyste du cholédoque est une anomalie congénitale rare. Son diagnostic est difficile en l'absence de signes évocateurs et son évolution peut

aboutir à des complications parmi lesquelles la cirrhose biliaire secondaire. Les auteurs rapportent le cas d'un nourrisson de 12 mois, sans antécédents médicaux significatifs, admise pour distension abdominale progressive depuis six mois, accompagnée de fièvre intermittente et de selles décolorées. Les examens d'imagerie initiale (échographie et tomodensitométrie) suggéraient un kyste mésentérique. Une exploration chirurgicale avait permis de diagnostiquer un volumineux kyste du cholédoque, associé à une vésicule biliaire hypotrophique et un foie d'aspect cirrhotique. Une cholécystectomie, une kystectomie partielle et une anastomose kysto-jéjunale en Y ont été réalisées. L'évolution postopératoire était compliquée d'une ascite et d'une éviscération, ayant nécessité une fermeture pariétale avec drainage péritonéal. L'analyse histologique de la pièce de biopsie hépatique a révélé un adénome hépatocellulaire. Ce cas souligne les défis diagnostiques des kystes du cholédoque chez le nourrisson et l'importance d'un diagnostic et d'une prise en charge précoce pour prévenir les complications hépatiques sévères comme la cirrhose.

---

**Mots-clés:** Kyste du cholédoque, cirrhose biliaire, ascite, anastomose kysto-jéjunale, enfant, Togo

---

## **Choledochal Cyst Complicated by Secondary Biliary Cirrhosis in a 12-Month-Old Infant**

***Folly Amavi***

Service de chirurgie pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Kara,  
Université de Kara, Togo

Service de pédiatrie du Centre Hospitalier Universitaire Kara, Togo

***Talboussouma Sollim Myriam***

Service de pédiatrie du Centre Hospitalier Universitaire Kara, Togo

***Salhadine Yacoub Ahmat***

Service de chirurgie pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Campus,  
Lomé, Togo

***Kogoe Roland***

Service d'hépato-gastro-entérologie du Centre Hospitalier Universitaire  
Campus, Lomé, Togo

***Donou Amivi Alice***

***Kebalo Sosso Piham***

Service de chirurgie pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Campus,  
Lomé, Togo

***Boume Missoki Azanledji***

Service de chirurgie pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Kara,  
Université de Kara, Togo

***Akakpo-Numado Gamedzi Komlatsè***

Service de chirurgie pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Campus,  
Lomé, Togo

---

### **Abstract**

Choledochal cyst is a rare congenital anomaly. Its diagnosis is challenging in the absence of suggestive signs, and its progression may lead to complications, including secondary biliary cirrhosis. The authors report the case of a 12-month-old infant with no significant medical history, admitted for progressive abdominal distension evolving over six months, accompanied by intermittent fever and pale stools. Initial imaging studies (ultrasound and computed tomography) suggested a mesenteric cyst. Surgical exploration revealed a large choledochal cyst, associated with a hypoplastic gallbladder and a cirrhotic-appearing liver. A cholecystectomy, partial cyst excision, and Roux-en-Y cystojejunostomy were performed. The postoperative course was complicated by ascites and evisceration, requiring parietal closure with peritoneal drainage. Histological analysis of the liver biopsy specimen revealed a hepatocellular adenoma. This case highlights the diagnostic challenges of choledochal cysts in infants and the importance of early

diagnosis and management to prevent severe hepatic complications such as cirrhosis.

---

**Keywords:** Choledochal cyst, biliary cirrhosis, ascites, cystojejunostomy, child, Togo

## Introduction

Le kyste du cholédoque est une anomalie congénitale rare des voies biliaires, caractérisée par une dilatation anormale du cholédoque (Douay et al, 2021). C'est une anomalie rare, évaluée à environ 1/2 000 000 naissances (Fekete, 1995). Il représente l'affection congénitale la plus fréquente de l'arbre biliaire après l'atrézie des voies biliaires (Douay et al, 2021). Il peut être difficile à diagnostiquer, surtout chez les nourrissons, et son évolution peut entraîner des complications graves comme la cirrhose biliaire secondaire. L'objectif de cet article est de rapporter un cas clinique de kyste du cholédoque compliqué d'une cirrhose biliaire secondaire.

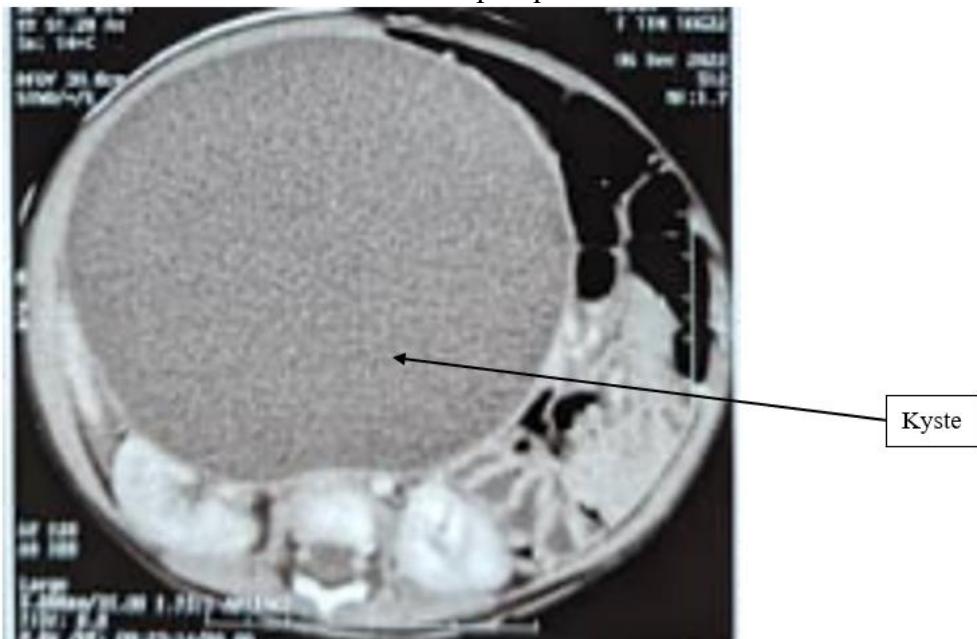
## Observation clinique

Il s'est agi d'un nourrisson de 12 mois, de sexe féminin, sans antécédents pathologiques connus, qui a été admise pour une distension abdominale évoluant depuis 6 mois, associée à l'ictère et à des épisodes de fièvre intermittente, et d'émission de selles jaune-pâles. À son admission, l'examen clinique a révélé une asthénie, une température de 38,5°C, un abdomen distendu avec douleur diffuse mais sans défense. La tomodensitométrie a révélé une formation liquide intra-péritonéale, compatible avec un kyste géant du mésentère (Figure 1). La biologie a mis en évidence un syndrome de cholestase (augmentation de gamma GT (30 fois la normale) et des phosphatases alcalines (3 fois la normale) et un syndrome d'insuffisance hépatocellulaire avec une hypo albuminémie. La suspicion initiale d'un kyste mésentérique a conduit à une laparotomie.

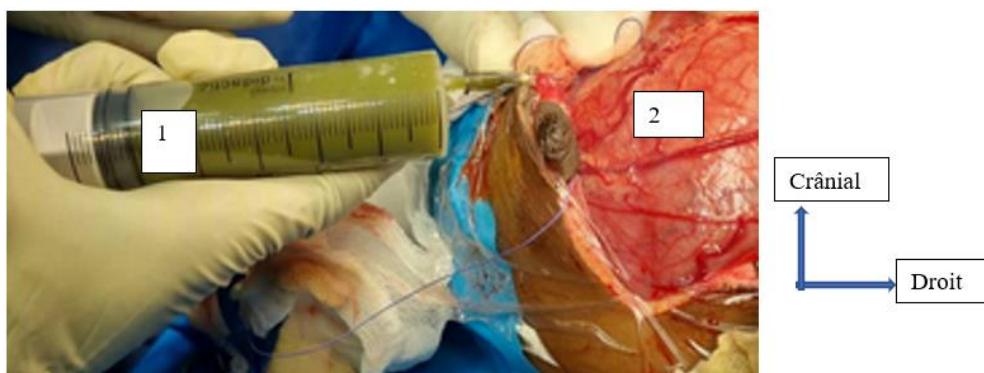
En peropératoire, la formation kystique était développée au dépens du cholédoque. Ce kyste était volumineux (20cmX15cm) avec un foie de consistance dure ayant permis de conclure à une cirrhose biliaire secondaire. La vésicule biliaire était hypotrophique, le pancréas était normal. Une ponction-aspiration, une cholécystectomie et une résection partielle du kyste avec anastomose kysto-jéjunale en Y ont été pratiqués (Figure 2 et 3).

Les suites postopératoires ont été marquées par l'apparition d'une ascite à partir du 3ème jour, suivie d'une éviscération au 10ème jour post opératoire. Une réparation pariétale et un drainage péritonéal ont été effectués, associés à un traitement par spironolactone. Après 10 jours, le drain péritonéal a été enlevé. L'étude anatomo-pathologique de la biopsie hépatique a montré un adénome hépatocellulaire. L'évolution clinique était favorable avec

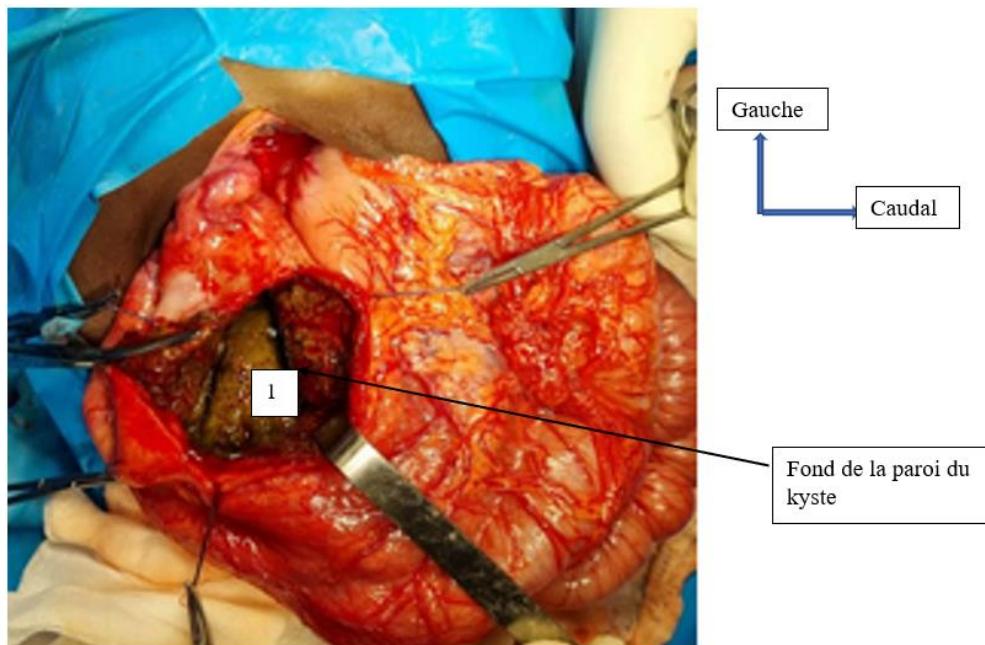
régession de la distension abdominale, de l'ascite et cicatrisation de la plaie opératoire. Le patient a été autorisé à quitter l'hôpital un mois après son intervention chirurgicale. Après un recul de 2 ans, l'évolution reste favorable avec normalisation de tout le bilan hépatique.



**Figure 1 :** Coupe axiale scannographique abdominale montrant la formation kystique



**Figure 2 :** Image per opératoire de la ponction-aspiration du kyste (1) avec de volumineuses veines sous-aponévrotiques et extra-péritonéales (2)  
(source : image CHU Campus 01/06/2023)



**Figure 3 :** Image du montrant la boue biliaire (1)  
(source : image CHU Campus 01/06/2023)



**Figure 4 :** Image per opératoire de l'anse en Y et de l'anastomose kystojéjunale  
(source : image CHU Campus 01/06/2023)

## Discussion

Le kyste du cholédoque est une malformation rare des voies biliaires, décrite par VATER en 1723 mais c'est Douglas en 1852 qui a rapporté le cas de kyste du cholédoque le plus documenté (Foura, 2017) (Faïk et al, 1999). L'étiopathogénie reste imprécise. Elle résulterait d'une anomalie de la jonction bilio-pancréatique où le canal de Wirsung s'unit au cholédoque en amont du sphincter d'Otti faisant un canal bilio-pancréatique commun responsable du reflux pancréatico-biliaire (Bouali, 2015) (Vergnes et al, 1995). Une nette prédominance féminine est signalée par la plupart des auteurs de 70 à 80 % avec un sex ratio de 4 filles pour un garçon atteint (Branchereau & Valayer, 2002).

Plusieurs classifications morphologiques ont été proposées, la plus utilisée est celle d'Alonso-Lej complétée par Todani (Figure 5) (Mercadier et al, 1984) :

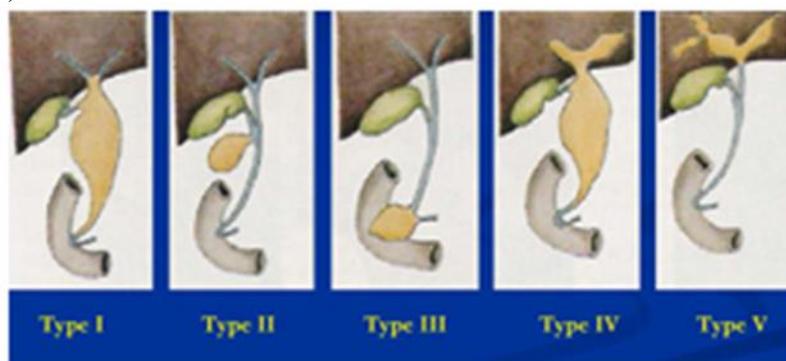


Figure 5 : Classification d'Alonso-Lej modifiée par Todani (Mercadier et al, 1984)

Type I : dilatation kystique du cholédoque.

Type II : Diverticule du cholédoque.

Type III : Le cholédochocèle congénital.

Type IV : dilatation des voies biliaires intra-hépatiques et extra-hépatiques.

Type V : dilatation multifocale des voies biliaires intra-hépatiques (maladie de Caroli).

Notre cas correspondait au type I de Todani.

Le tableau clinique est caractérisé par la triade classique : douleur abdominale, ictere, masse de l'hypochondre droit. Cette symptomatologie est observée dans 13 à 60% des cas. Le kyste du cholédoque peut rester asymptomatique dans 20% des cas (Bricha & Dafiri, 2007). Il est rarement découvert au stade de complications comme l'angiocholite, la pancréatite, l'hypertension portale par compression de la veine porte, la cirrhose ou les perforations (Bricha & Dafiri, 2007). La cholangio-IRM ou bili-IRM est une technique non invasive très performante dans le diagnostic des anomalies de

la jonction bilio-pancréatique, permettant d'obtenir de véritables coupes anatomiques (Azahouani al, 2019). Parfois, le diagnostic de certitude n'est souvent porté que pendant l'intervention en raison de la rareté de l'affection et la non spécificité des signes cliniques (Azahouani al, 2019). Dans notre cas la triade était présente mais la paraclinique n'était pas concluante, le diagnostic de certitude a été posé en per opératoire.

En dehors du traitement chirurgical, l'évolution naturelle des kystes du cholédoque est souvent défavorable, caractérisée par l'apparition d'une cholestase chronique et d'infections récidivantes, pouvant aboutir à une cirrhose biliaire secondaire, comme observé dans notre cas. Sur le plan clinique, la cirrhose biliaire secondaire se manifeste par un ictère persistant, une hépatomégalie, une hypertension portale et des signes progressifs d'insuffisance hépatique. Sur le plan morphologique, elle se caractérise par une prolifération biliaire, une fibrose périportale et une distorsion de l'architecture lobulaire normale, entraînant une transformation nodulaire du parenchyme hépatique. Ces modifications pathologiques reflètent l'obstruction chronique et les lésions cholestatiques prolongées associées aux kystes du cholédoque.

Le traitement des kystes du cholédoque est essentiellement chirurgical, mais sa mise en œuvre dépend du type et de la présentation du kyste. Lorsqu'il est réalisé, il consiste en l'exérèse complète de toutes les structures biliaires extrahépatiques, ne conservant que la convergence des conduits hépatiques droit et gauche, suivie du rétablissement de la continuité biliodigestive. L'anastomose est généralement réalisée sur une anse exclue en Y selon Roux, avec implantation au pied de l'anse afin de prévenir le reflux biliaire (Khmekhem et al., 2012 ; Harper et al., 2006). La résection doit être large en raison du risque de dégénérescence secondaire de la paroi biliaire dysplasique. Dans notre cas, il s'agissait d'un kyste du cholédoque de type I selon la classification de Todani, le plus fréquent et caractérisé par une dilatation fusiforme du cholédoque extra-hépatique. Nous avons procédé à une exérèse du kyste, suivie d'une anastomose cholédocho-jéjunale en Y selon Roux. Ce choix a été motivé par le besoin de prévenir les complications postopératoires, notamment le reflux biliaire et la cholangite, et de réduire le risque de dégénérescence maligne secondaire. La technique adoptée permet également de restaurer une continuité biliaire physiologique tout en minimisant la stase biliaire.

Pour certains auteurs la résection de la paroi kystique et du cholédoque doit être totale (Todani et al,1994) (Yamaguchi, 1980) (Chijiwa & Koga, 1993).

Le pronostic des kystes du cholédoque dépend principalement du type de kyste, du stade au moment du diagnostic et de la précocité de la prise en charge chirurgicale. Lorsqu'une exérèse est réalisée précocement, le pronostic

est généralement favorable. Cependant, dans les cas diagnostiqués tardivement ou compliqués par une cirrhose biliaire secondaire, le risque de complications postopératoires augmente et le pronostic à long terme peut être réservé. Dans notre observation, l'évolution postopératoire a été marquée par une distension abdominale et l'apparition d'ascite. Cette ascite pourrait être liée à l'hypertension portale et à l'hypoalbuminémie consécutives à la cirrhose biliaire. Cette accumulation de liquide dans la cavité péritoneale est donc la conséquence directe des altérations hépatiques préexistantes.

## Conclusion

Le kyste du cholédoque est une malformation biliaire congénitale rare. Le diagnostic le plus souvent n'est porté qu'en per- opératoire. Non diagnostiquée et non traitée, l'affection peut aboutir à la cirrhose biliaire secondaire. Le traitement est chirurgical reposant sur la résection du kyste avec anastomose hépatico-jéjunale.

**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.

**Déclaration pour les participants humains :** L'étude a été approuvée par le Centre Hospitalier et Universitaire Campus et les principes de la Déclaration d'Helsinki ont été respectés. Le consentement des parents a été reçu.

## References:

1. Douay, L., Idrissi, F., Hammoumi, Z., Ferram, N., & Al Zemmouri, M. (2021). Une dilatation congénitale de la voie biliaire principale révélée par une péritonite biliaire. *Revue Marocaine des Maladies de l'Enfant*, 50, 44–48.
2. Fekete, C. N. (1995). *Images de dilatation liquidienne abdomino-pelvienne chez le fœtus : Prise en charge pré et post-natale*. Néonatalogie, Hôpital Necker, 1–7.
3. Foura, S. (2017). *Les dilatations kystiques congénitales de la voie biliaire principale chez l'enfant* [Thèse de doctorat, Université Cadi Ayyad].
4. Faïk, M., Halhal, A., Oudanane, M., Housni, K., Ahalat, M., Baroudi, S., M'Jahe, A., & Tounsi, A. (1999). Dilatation kystique du cholédoque (À propos de 8 cas). *Médecine du Maghreb*, (75), 23-27.

5. Bouali, O. (2015). Péritonite biliaire par rupture traumatique d'un kyste du cholédoque. *Archives de Pédiatrie*, 22, 763–766.
6. Vergnes, P. (1995). Kystes du cholédoque. In *Chirurgie hépatobiliaire de l'enfant. Monographie du Collège National de Chirurgie Pédiatrique* (pp. 85–99). Sauramps Médical.
7. Branchereau, S., & Valayer, J. (2002). Malformations kystiques de la voie biliaire chez l'enfant: Dilatation congénitale de la voie biliaire principale. Traitement chirurgical. *EMC - Techniques chirurgicales, Appareil digestif*, 40-976, 1–10.
8. Mercadier, M., Chigot, J. P., Clot, J. P., Langlois, P., & Lansiaux, P. (1984). Caroli disease. *World Journal of Surgery*, 8, 22–29.
9. Bricha, M., & Dafiri, R. (2007). Une cause inhabituelle d'un abdomen aigu chez l'enfant : La rupture spontanée d'un kyste du cholédoque. *Journal de Radiologie*, 88, 692–693.
10. Azahouani, A., Zaari, N., El Aissaoui, F., Hida, M., Fitri, M., Benradi, L., et al. (2019). Kyste du cholédoque rompu: Revue de la littérature. *The Pan African Medical Journal*, 33, 276.
11. Khmekhem, R., Zitouni, H., Ben Ahmed, Y., Jlidi, S., Nouira, F., Charieq, A., et al. (2012). Surgery of cystic dilatation of the bile duct in children: Results of 16 observations. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*, 25, 199–205.
12. Harper, L., Lavrand, F., Pietrera, P., Loot, M., & Vergnes, P. (2006). Rupture spontanée d'un kyste du cholédoque chez une enfant de 11 mois. *Archives de Pédiatrie*, 13(2), 156–158.
13. Todani, T., Watanabe, Y., Urushihara, N., et al. (1994). Choledochal cyst, pancreatico-biliary maljunction, and cancer. *Journal of Hepato-Biliary-Pancreatic Surgery*, 1, 247–251.
14. Yamaguchi, M. (1980). Congenital choledochal cysts. *American Journal of Surgery*, 140, 653–657.
15. Chijiwa, K., & Koga, A. (1993). Surgical management and long-term follow-up of patients with choledochal cysts. *American Journal of Surgery*, 165, 238–242.

## Facteurs associés à l'occurrence récurrente des épidémies de choléra dans la municipalité de Bujumbura

**Pr. Ménédore Karimumuryango, PhD**

Institut de Statistique Appliquée de l'Université du Burundi

**Dr. Florence Munezero, PhD**

Institut de Statistique Appliquée de l'Université du Burundi

**Dr. Olivier Nijimbere, MD, MPH, PhDc**

Ministère de la Santé Publique et de la lutte contre le Sida

**Bélyce Nahumuremyi, Msc**

Université du Burundi

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n27p103](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p103)

---

Submitted: 15 July 2025

Copyright 2025 Author(s)

Accepted: 18 August 2025

Under Creative Commons CC-BY 4.0

Published: 30 September 2025

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Karimumuryango, M., Munezero, F., Nijimbere, O. & Nahumuremyi, B. (2025). *Facteurs associés à l'occurrence récurrente des épidémies de choléra dans la municipalité de Bujumbura*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (27), 103.

<https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p103>

---

### Résumé

Dans cet article, les méthodes statistiques probabilistes ont été utilisées pour étudier des facteurs associés à l'épidémie de choléra dans la municipalité de Bujumbura afin de contribuer à la réduction de la morbidité et mortalité. Les techniques de la revue documentaire, le questionnaire d'enquête saisi dans KoboCollect, ont été utilisées pour recueillir les données les données dans 411 ménages dont 137 cas et 274 témoins repartis dans différentes aires de santé depuis le premier juillet 2022 au premier décembre 2024 et l'analyse a été faite à l'aide du logiciel R version 4.4.2. Plusieurs facteurs sont associés à la survenue récurrente de l'épidémie de choléra dont : La conservation de l'eau de boisson dans un récipient non couvert : OR=8,66 [12,3- 35,2] avec p-value=0,002, absence de traitement de l'eau de boisson : OR=6,27 [1,24-40,8] avec p-value =0,038, types de latrines non modernes (latrines sans dalle/trou ouvert et absence des latrines) : OR=26,66 [3,64-306] avec p-value=0,003, mauvais entretien des latrines : OR=3,83 [1,12-13,6] avec p-value=0,03, existences des maladies liées au mauvais entretien des latrines : OR= 11,9 avec p-value<0,001, contact avec un malade cholérique : OR=164 avec p-

value<0,001, manque d'habitude de laver les mains avec de l'eau potable et du savon dès la sortie des latrines et avant de manger : OR=7,60 avec p-value=0,003, n'ayant pas hygiène des légumes et les fruits avant la préparation : OR=88 [3,75-1944] avec p-value=0,003 et habitude de consommer des aliments exposés au bord de la route : OR=3,1 [1,05-10,1] avec p-value=0,048. Le choléra reste un problème de santé publique en Mairie de Bujumbura lié à des facteurs économiques du ménage, facteurs environnementaux et facteurs liés aux connaissances et attitudes des habitants du ménage. Il est crucial d'adopter une stratégie qui prend en compte ces facteurs pour garantir une prévention efficace du choléra.

---

**Mots-clés:** Facteurs associés, épidémie, choléra et aires de santé

---

## **Factors Associated with the Cholera Epidemic in Bujumbura Municipality**

***Pr. Ménédore Karimumuryango, PhD***

Institut de Statistique Appliquée de l'Université du Burundi

***Dr. Florence Munezero, PhD***

Institut de Statistique Appliquée de l'Université du Burundi

***Dr. Olivier Nijimbere, MD, MPH, PhDc***

Ministère de la Santé Publique et de la lutte contre le Sida

***Bélyce Nahumuremyi, Msc***

Université du Burundi

---

### **Abstract**

In this article, probabilistic statistical methods were used to study factors associated with the cholera epidemic in the municipality of Bujumbura in order to contribute to the reduction of morbidity and mortality. Documentary review techniques and a survey questionnaire entered into KoboCollect were used to collect data from 411 households, including 137 cases and 274 controls, distributed across different health areas from July 1, 2022, to December 1, 2024. The analysis was conducted using R software version 4.4.2. Several factors are associated with the cholera epidemic, including storing drinking water in an uncovered container: OR=8.66 [12.3-35.2] with p-value=0.002, lack of treatment for drinking water: OR=6.27 [1.24-40.8] with p-value=0.038, use of non-modern latrines (latrines without slabs/open pits and absence of latrines): OR=26.66 [3.64-306] with p-value=0.003, poor maintenance of latrines: OR=3.83 [1.12-13.6] with p-value=0.03, presence of diseases related to poor latrine maintenance: OR=11.9 [3.23-55.4] with p-value<0.001, contact with a cholera patient: OR=164 [47.6-

768] with p-value<0.001, lack of habit of washing hands with clean water and soap after using latrines and before eating: OR=7.60 [2.09-29.9] with p-value=0.003, not washing vegetables and fruits before preparation: OR=88 [3.75-1944] with p-value=0.003, habit of consuming food exposed by vendors on the roadside: OR=3.1 [1.05-10.1] with p-value=0.048. Cholera remains a public health problem in the Bujumbura City Hall linked to household economic factors, environmental factors, and factors related to the knowledge and attitudes of household residents. It is crucial to adopt a strategy that takes these factors into account to ensure effective cholera prevention.

---

**Keywords:** Associated factors, epidemic, cholera and health areas

## Introduction

Selon l'OMS, le choléra est une infection diarrhéique aiguë provoquée par l'ingestion d'aliments ou d'eau contaminés par le bacille *Vibrio cholerae*. Ce bacille fût initialement observé par Filippo Pacini en 1854 puis isolé en 1883 par Robert Koch en Inde (Gouth, 2020).

Au cours de ces deux siècles, sept pandémies distinctes de choléra ont été recensées, actuellement, nous sommes dans la septième pandémie commencée en 1961(Cros, 2019). Au 19<sup>ème</sup> siècle, suite à la colonisation et à l'augmentation du nombre important des voyageurs à travers le monde, le choléra se propageait plus vite dans plusieurs régions (Cros, 2019). Dans ces dernières années, le monde a connu une augmentation de risque de transmission de la bactérie dans les milieux où elle est présente ou introduite, dans le cas des crises climatiques et humanitaires ainsi que dans le cas des déplacements massifs de populations vers les camps sans assainissement et surpeuplés (Neuvy ,1991 et Kayembe Ntumba, 2023).

D'après certaines estimations des chercheurs, chaque année, il y a environ 1,3 à 4,0 millions de cas et 21 000 à 143 000 décès dus au choléra dans le monde (Ali et al., 2015) ; la majorité (99%) des cas et de décès survenant en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud (Gaffga, Tauxe, & Mintz, 2007).

En 2023, selon l'OMS, 535 321 cas et 4007 décès (soit un taux de létalité4 de 0,7%) ont été notifiés, contre 472 697 cas en 2022. Des cas de choléra ont été signalés dans 45 pays, territoires et zones, contre 44 en 2022 et 35 en 2021. Le Moyen-Orient et l'Asie ont enregistré une diminution de 32 % du nombre de cas, tandis que l'Afrique a connu une augmentation de 125 % dans 21 pays qui ont signalé 225 857 cas. Le nombre de décès de 3 167 ont été signalés en Afrique, taux de létalité est de 1,4 %, soit une augmentation de 62 % par rapport à l'année de 2022.

En 1978, le Burundi avait notifié le premier cas de choléra et depuis lors, le pays fait face chaque année à des flambées épidémiques de

choléra dans certaines localités (OMS, 2019). De 2008 à 2020, 6 949 cas et 43 décès ont été officiellement signalés (Debes et al., 2021). La ville la plus touchée est Bujumbura, située sur le lac Tanganyika et à la frontière de la province du Sud-Kivu en RDC, qui déclare également une épidémie continue et qui s'aggrave (OMS, 2022).

En 2021, dans son résumé analytique du profil de la santé, le Ministère de la Santé Publique et de la Lutte contre le Sida avait signalé que depuis l'année 2017, le Burundi a été marqué par deux grandes épidémies dont l'épidémie de choléra et l'épidémie de paludisme. Jusqu'en 2024, le Burundi fait partie de la liste de 18 pays d'Afrique touchés par le choléra où les districts qui ont enregistré beaucoup de cas sont : DS Isare, DS Bujumbura Nord et DS Cibitoke (OMS, 2024).

La ville de Bujumbura, capitale économique du Burundi, est confrontée à des défis uniques qui exacerbent la propagation du choléra. La saisonnalité, la densité de population, l'insuffisance des infrastructures d'approvisionnement en eau, les migrations internes et externes considérables, la pauvreté et la relation des populations avec le lac Tanganyika, créent un environnement propice à la transmission de la maladie (Debes et al., 2021 et Cros, 2019).

Cette étude vise principalement à explorer les différents facteurs associés à la survenue des épidémies répétitives du choléra dans la mairie de Bujumbura en vue de contribuer dans un plan d'action qui a été mis en place par l'OMS et ses partenaires de lutte contre le choléra. Ce plan est une feuille de route jusqu'en 2030 pour mettre fin au choléra et faire baisser de 90% le nombre de décès dus au choléra (Global Task Force on Cholera Control, 2017).

## **Matériels et méthodes**

### ***Type et période d'étude***

Il s'agit d'une étude cas-témoins non appariée à visée analytique basée sur la collecte des données dans les ménages à l'aide d'un questionnaire. La collecte des données a été réalisée du 02 décembre au 09 décembre 2024.

### ***Population de l'étude***

La population de cette étude était constituée par les ménages de la Mairie de BUJUMBURA se trouvant dans les 16 aires de santé. La population d'étude primaire comprenait les sujets directement impliqués dans l'étude, c'est-à-dire les ménages-cas et les ménages-témoins. Les ménages-cas étaient les ménages ayant eu au moins un individu qui a été diagnostiqué avec le choléra, depuis le premier juillet 2022 au premier décembre 2024.

Les ménages-témoins étaient les ménages n'ayant eu aucun cas de choléra, depuis le premier juillet 2022 au premier décembre 2024.

Etaient exclus dans l'étude, les ménages dont les responsables n'avaient pas donné le consentement.

### **Taille de l'échantillon**

Il s'agit d'une enquête des ménages ayant eu au moins un individu ayant été diagnostiqué avec le choléra et ceux qui n'ayant eu aucun cas de choléra. La taille de l'échantillon des ménages à enquêter a été calculée selon la formule utilisée pour une enquête cas-témoins, il s'agit de :

$$n \geq \frac{P(1-P) * \left(1 + \frac{1}{c}\right) * (Z_\alpha + Z_\beta)^2}{(P_0 - P_1)^2};$$

Avec :

$$P_1 = \frac{P_0^*}{1 + P_0(-1)};$$

Et

$$P = \frac{P_1 * c P_0}{1 + c}.$$

Où :

- $n$  = le nombre de cas ;
- $c$  = le nombre de témoins par cas. Dans cette étude, deux témoins ont été sélectionnés pour chaque cas ;
- $P_0$  = est la proportion des témoins exposés et  $P_1$  est la proportion des cas exposés ;
- $P$  = proportion de sujets exposés dans les deux groupes cas et témoins ;
- $Z_\alpha$  = la valeur de Z. C'est une valeur lue dans la table de la loi normale, pour un seuil  $\alpha = 0,05$ ,  $Z_\alpha = 1,96$  ;
- $Z_{2\beta}$  = La valeur de Z pour une puissance  $1-\beta$ . Ici, Puissance = 80%,  $\beta = 20\%$ ,  $2\beta = 40\%$ ,
- $Z_{2\beta} = 0,84$  ;
- OR=OR minimum qu'on se fixe pour que l'étude présente un intérêt.

Étant donné l'absence des valeurs réelles des proportions des témoins exposés et des cas exposés, une estimation a été réalisée. Pour cela,  $P_0$  (Proportion des témoins exposés) = 20% et  $P_1$  (Proportion des cas exposés) = 33,3%, ce qui donne P (proportion de sujets exposés dans les deux groupes cas et témoins) = 26,65%. Ces estimations donnent la taille de l'échantillon des cas très proche à ceux se trouvant dans le système d'Information Sanitaire du Burundi, depuis le premier juillet 2022 au premier décembre 2024.

**Tableau 1.** La taille d'échantillon des cas et des témoins

Type d'échantillon	Taille des échantillons
Echantillon des cas	137
Echantillon des témoins	274
Total	411

La taille de l'échantillon des ménages-cas était de 137 et celle des ménages-témoins était de 274, soit un total de 411 ménages.

### ***Méthode et technique d'échantillonnage***

Les méthodes d'échantillonnage probabiliste ont été utilisées. L'échantillonnage en grappes était utilisé pour la sélection des aires de santé à enquêter et l'échantillonnage stratifié à allocation proportionnelle a été utilisé pour choisir le nombre de ménages à enquêter dans chaque aire de santé sélectionnée.

### ***Selection des aires de santé***

Echantillonnage par grappe a été utilisé pour choisir 10 aires de santé à enquêter parmi les 16 aires de santé. Chaque aire de santé a été considérée comme une grappe. Pour déterminer le pas de grappe, le nombre total de ménages (164 863) a été divisé par le nombre de grappes choisies (10). Le pas de grappes était égal à 16 486. Un nombre aléatoire de 10 103 est choisi entre 1 et le pas de grappes en utilisant la fonction *ALEA.ENTRE.BORNES* de Microsoft Excel, ce qui a permis de sélectionner les grappes à enquêter.

Dans le tableau ci-dessous, en suivant l'ordre alphabétique des communes de la mairie de Bujumbura, les aires de santé ont été ordonnées alphabétiquement en fonction des communes respectives. La sélection des grappes a été faite en utilisant la colonne de cumul du nombre de ménages. Pour cela, la première aire de santé correspond au nombre choisi aléatoirement entre 1 et le pas de grappes. Les autres grappes ont été sélectionnées en additionnant le nombre trouvé précédemment avec le pas de grappes, ainsi de suite jusqu'à déterminer 10 aires de santé.

Le tableau ci-dessous présente le nombre de ménages dans chaque aire de santé en 2024, ainsi que le cumul du nombre de ménages et la désignation des grappes.

**Tableau 2. Identification des grappes**

Aire de santé	Nombre de ménages en 2024	Cumul du nombre de ménages en 2024	Nombre de grappes
Busoro	2 422	2 422	
Kanyosha	11 842	14 264	1ère grappe
Kinindo	7 269	21 533	
Musaga	14 503	36 036	2ème grappe
Ruziba	5 361	41 396	
Buyenzi	15 706	57 102	3ème grappe
Bwiza	12 498	69 600	4ème grappe
Yakabiga	6 925	76 525	5ème grappe
Rohero	5 797	82 321	
Buterere I	4 595	86 917	
Buterere II	5 790	92 707	6ème grappe
Cibitoke	18 632	111 338	7ème grappe

Gihosha	14 460	125 798	8ème grappe
Kamenge	9 754	135 553	
Kinama	18 221	153 773	9ème grappe
Ngaga	11 090	164 863	10ème grappe
TOTAL	164 863		

Source des données : (Ministère de la Santé Publique, Burundi, 2024)

L'enquête a été menée dans les aires de santé suivantes : Kanyosha, Musaga, Buyenzi, Bwiza, Nyakabiga, Buterere II, Cibitoke, Gihosha, Kinama et Ngagara.

**Nombre total de ménages-cas et ménages-témoins à enquêter dans chaque aire de santé choisie.**

Pour trouver le nombre de ménages à inclure dans l'échantillon représentatif pour chaque aire de santé, la formule d'échantillonnage stratifié à allocation proportionnelle a été utilisée. La formule est la suivante :  $n_i = \frac{n*N_i}{N}$

Où :

- $n_i$ : taille de l'échantillon pour chaque aire de santé ;
- $n$  : taille de l'échantillon total de l'étude ;
- $N_i$ : taille de la population cible pour chaque aire de santé ;
- $N$  : taille de la population cible totale pour l'étude.

Le tableau ci-dessous présente la répartition des ménages-cas et les ménages-témoins à enquêter dans chaque aire de santé choisie.

**Tableau 3.** Les ménages-cas et ménages-témoins à enquêter dans les aires de santé

Aire de santé	Nombre de ménages en 2024	Nombre de ménages à enquêter	Nombre de ménages-cas	Nombre de ménages-témoins
Kanyosha	11 842	39	13	26
Musaga	14 503	45	15	30
Buyenzi	15 706	51	17	34
Bwiza	12 498	39	13	26
Nyakabiga	6 925	21	7	14
Buterere II	5 790	18	6	12
Cibitoke	18 632	60	20	40
Gihosha	14 460	45	15	30
Kinama	18 221	60	20	40
Ngagara	11 090	33	11	22
TOTAL	129 667	411	137	274

Source des données : (Ministère de la Santé Publique, Burundi, 2024)

**Sélection des ménages-cas et des ménages-témoins :**

Pour trouver les ménages-cas, nous avons passé dans le centre de traitement de choléra Prince Régent Charles (CTCPRC) et nous avons

consulté les registres dans lesquels tous les cas de choléra ont été enregistrés pour prendre leurs adresses. Après avoir consulté tous les registres, la technique d'échantillonnage aléatoire simple a été utilisée pour choisir les ménages-cas à enquêter dans tous les aires de santé.

Les ménages-témoins ont été choisis dans la même localité des cas. Dans la localité où se trouve un ménage-cas, nous avons choisi aléatoirement 2 ménages-témoins très proche.

### ***Les variables de l'étude***

La variable dépendante de l'étude était « la survenue de choléra dans le ménage ». Les variables indépendantes étaient définies selon les facteurs définis ci-après :

Les facteurs sociodémographiques et économiques du ménage : Age, sexe et Statut matrimonial de l'enquêté, niveau d'instruction, activité principale et Source principale de revenu du chef de ménage.

Les facteurs environnementaux du ménage : Source principale d'approvisionnement en eau, situation de la source d'approvisionnement en eau, traitement et conservation de l'eau de boisson, présence d'eau stagnante dans le ménage, système d'évacuation des déchets ménagers, existence d'une latrine dans le ménage, type et entretien de la latrine et l'existence des maladies liées au mauvais entretien de la latrine.

Les facteurs liés aux connaissances et attitudes des habitants du ménage : Connaissance des maladies liées au manque d'hygiène, connaissance des symptômes du choléra, connaissance des modes de transmission du choléra, la fréquence du choléra dans la localité, contact avec un malade cholérique, existence d'un malade de choléra dans le ménage et dans l'entourage, habitude de laver les mains avec de l'eau potable et du savon dès la sortie des latrines et avant de manger, hygiène des légumes et les fruits avant la préparation, gestion des aliments frais et/ou cuits, connaissance des moyens de prévention du choléra et la sources d'information sur le choléra, avoir habitude de consommer des aliments exposés par les vendeurs au bord de la route et avoir la discussion familiale portant sur l'hygiène.

Les facteurs liés au système de santé : l'existence des ASC dans la localité, la visite d'un ASC dans le ménage, existence de CDS tout près du ménage, l'accessibilité aux FOSA et la réception des informations sur le cholera dans les FOSA.

### ***Déroulement de la collecte de données***

La collecte des informations a été faite à l'aide du questionnaire élaboré et testé avant le début de l'enquête. L'enquête pilote a été faite pour tester si le questionnaire est bien conçu et correspond aux résultats attendus. La collecte des données a été effectuée par 5 enquêteurs, du 02 décembre au

09 décembre 2024 dans la mairie de Bujumbura. Les données collectées via KoboCollect ont été envoyées systématiquement dans le serveur et extraites pour être traitées à l'aide du logiciel Microsoft Excel.

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

Après la collecte des données sur terrain, le nettoyage des données a été fait via le logiciel Microsoft Excel, l'analyse des données a été faite à l'aide du logiciel R et la saisie des résultats est faite dans logiciel Microsoft Word et TeXstudio.

### ***Plan d'analyse***

L'analyse des variables a été faite sur le logiciel R et comporte deux aspects :

Aspect descriptif : l'analyse descriptive a été faite, les variables qualitatives ont été présentées par la fréquence et les pourcentages tandis que les variables quantitatives ont été présentées par leur moyenne et l'écart type.

Aspect analytique : toutes les variables indépendantes ont été catégorisées et celles ayant plus de 2 modalités ont été analysées en considérant une modalité choisie comme modalité de référence. Pour toute l'analyse, nous avons utilisé le seuil de signification statistique  $\alpha = 0,05$  et s'est faite en deux étapes :

Analyse bivariée : nous avons fait une association entre la variable dépendante «la survenue de choléra dans le ménage » avec chacune des variables indépendantes. Pour l'analyse des tables de contingence, les associations ont été recherchées avec le test Chi-carré ( $X^2$ ) de Pearson pour la signification de toute la variable et le test Exact de Fisher a été appliqué pour la signification des modalités de la variable. Le Calcul des Odds Ratio (OR) permet d'évaluer la force de l'association entre les expositions et la survenue de choléra et de comparer la proportion d'exposés chez les cas par rapport aux témoins.

Analyse multivariée : Un modèle de régression logistique selon la sélection back ward(stepwise) a été faite pour identifier les liens entre les variables indépendantes significatives à 5% lors de l'analyse bivariée et la variable dépendante.

### ***Considérations éthiques***

Avant l'enquête nous avons obtenu le consentement éclairé des enquêtés. La participation à cette étude était libre et dépourvue de toutes formes de contraintes. Pour garantir la confidentialité et l'anonymat des enquêtés, les noms ne figuraient pas sur les questionnaires.

## Résultats

### ***Caractéristiques des ménages-cas et des ménages-témoins selon les facteurs socio-démographiques et économiques du chef de ménage***

Le tableau suivant montre les caractéristiques des ménages-cas et des ménages-témoins selon les facteurs socio-démographiques et économiques du chef de ménage.

**Tableau 4.** Analyse bivariée entre la survenue de choléra dans le ménage et les facteurs socio-démographiques et économiques du chef de ménage (témoins = 274 ; cas = 137)

Caractéristiques des chefs des ménages	Survenue de choléra dans le ménage				P-value
	Témoins n(%)	Cas n(%)	Total n(%)	OR[IC <sub>95%</sub> ]	
<b>Niveau d'instruction du chef de ménage</b>					< 10 <sup>-4</sup>
Sans	7(24,1)	22(75,9)	29(100,0)	1	
Primaire/Fondamental	58(47,2)	65(52,8)	123(100,0)	0,36[0,14–0,90]	0,036
Secondaire/Post fondamental	76(69,7)	33(30,3)	109(100,0)	0,14[0,05–0,35]	< 10 <sup>-4</sup>
Humanité Général/ D7 /A2	77(85,6)	13(14,4)	90(100,0)	0,05[0,02–0,15]	< 10 <sup>-4</sup>
Université	56(93,3)	4(6,7)	60 (100,0)	0,02[0,01–0,09]	< 10 <sup>-4</sup>
<b>Activité principale du chef de ménage</b>					< 10 <sup>-4</sup>
Sans	30(58,8)	21(41,2)	51(100,0)	1	
Cultivateur	8(30,8)	18(69,2)	26(100,0)	3,21[1,18–8,76]	0,030
Étudiant ou Élève	35(83,3)	7(16,7)	42(100,0)	0,29[0,11–0,76]	0,013
Commerçant ou autres métiers	153(63,0)	90(37,0)	243(100,0)	0,84[0,44–1,62]	0,615
Salarié(e)	48 (98,0)	1(2,0)	49(100,0)	0,02[0,00–0,23]	< 10 <sup>-4</sup>
<b>Source principale de revenu du chef de ménage</b>					< 10 <sup>-4</sup>
Salarié	60(63,8)	34(36,2)	94 (100,0)	1	
Emploi libéral	144(61,3)	91(38,7)	235(100,0)	15,8[3,75–66,5]	< 10 <sup>-4</sup>
Sans emploi	50(96,2)	2(3,8)	52(100,0)	14,7[3,24–61,9]	< 10 <sup>-4</sup>
Non précisée	20(66,7)	10(33,3)	30(100,0)	12,5[2,5–62,18]	< 10 <sup>-4</sup>

Pour la majorité des ménages ayant connu les cas de choléra, 75,9% des chefs de ménages n'avaient pas le niveau d'instruction, 69,2% étaient cultivateurs et 38,7% avaient un emploi libéral. De plus, le niveau d'instruction, l'activité principale et la source principale de revenu étaient associés à la survenue de l'épidémie de choléra (P-value <0,05).

### ***Caractéristiques des ménages-cas et des ménages-témoins selon les facteurs environnementaux***

Le tableau suivant montre les caractéristiques des ménages-cas et des ménages-témoins selon les facteurs environnementaux.

**Tableau 5.** Analyse bivariée entre la survenue de choléra dans le ménage et les facteurs environnementaux (témoins = 274 ; cas = 137)

Caractéristiques des ménages	Survenue de choléra dans le ménage				P-value
	Témoins n(%)	Cas n(%)	Total n(%)	OR[IC à 95%]	
<b>Source principale d'approvisionnement en eau</b>				<b>0,002</b>	
Eau de robinet	223(71,7)	88(28,3)	311(100,0)	1	
Eau de surface ou puits	0(0,0)	2( <b>100,0</b> )	2(100,0)	Inf [NaN - Inf ]	0,080
Robinet public	45(52,9)	40(47,1)	85(100,0)	2,25[1,38 - 3,68]	0,002
Robinet chez un voisin	4(44,4)	5(55,6)	9(100,0)	3,17[0,83 - 2,07]	0,128
Puits à pompe ou forage	2(50,0)	2(50,0)	4(100,0)	2,53[0,35 - 18,27]	0,323
<b>Source principale d'approvisionnement en eau</b>				<b>&lt; 10<sup>-4</sup></b>	
Dans votre cour / parcelle	185(69,5)	81(30,5)	266(100,0)	1	
Dans votre logement	41(85,4)	7(14,6)	48(100,0)	0,39[0,17 - 0,91]	0,024
Ailleurs	48(49,5)	49( <b>50,5</b> )	97(100,0)	2,33[1,45 - 3,75]	0,001
<b>Traitement de l'eau de boisson</b>				<b>&lt; 10<sup>-4</sup></b>	
Oui	100(93,5)	7(6,5)	107(100,0)	1	
Non	174(57,2)	130( <b>42,8</b> )	304(100,0)	10,7[4,8 - 23,74]	< 10 <sup>-4</sup>
<b>Conservation de l'eau de boisson</b>				<b>&lt; 10<sup>-4</sup></b>	
Récipient bien couvert	260(72,6)	98(27,4)	358(100,0)	1	
Récipient non couvert	14(26,4)	39( <b>73,6</b> )	53(100,0)	7,39[3,84 - 14,20]	< 10 <sup>-4</sup>
<b>Présence d'eau stagnante dans la cour du ménage</b>				<b>&lt; 10<sup>-4</sup></b>	
Non	224(78,9)	60(21,1)	284(100,0)	1	
Oui	50(39,4)	77( <b>60,6</b> )	127(100,0)	5,75[3, 64 - 9,07]	< 10 <sup>-4</sup>
<b>Abonné à un service de collecte déchets ménagers</b>				<b>0,285</b>	
Non	67(62,6)	41( <b>38,3</b> )	107(100,0)	1	
Oui	207(68,3)	96(31,7)	303(100,0)	0,76 [0, 48 - 1,20]	0,237
<b>Possession des latrines dans le ménage</b>				<b>0,426</b>	
Non	2(40,0)	3( <b>60,0</b> )	5(100,0)	1	
Oui	272(67,0)	134(33,0)	406(100,0)	0,33[0,05 - 1,99]	0,34
<b>Types de latrines</b>				<b>&lt; 10<sup>-4</sup></b>	
Latrine Moderne	271(70,0)	116(30,0)	387(100,0)	1	
Latrine non Moderne	3(12,5)	21( <b>87,5</b> )	24(100,0)	16,35[4,78 - 55,9]	< 10 <sup>-4</sup>
<b>Partage des latrines avec d'autres ménages</b>				<b>0,080</b>	
Non	75(74,3)	26(25,7)	101(100,0)	1	
Oui	199(64,2)	111( <b>35,8</b> )	310(100,0)	1,61[0,97 - 2,66]	0,07
<b>Entretien des latrines</b>				<b>&lt; 10<sup>-4</sup></b>	
Bien entretenu	255(82,5)	54(17,5)	309(100,0)	1	
Mal entretenu	19(18,6)	83( <b>81,4</b> )	102(100,0)	20,6[11,58 - 36,8]	< 10 <sup>-4</sup>
<b>Existence des maladies liées au mauvais entretien des latrines</b>				<b>&lt; 10<sup>-4</sup></b>	
Non	87(87,9)	12(12,1)	99(100,0)	1	
Oui	187(59,9)	125( <b>40,1</b> )	312(100,0)	4,85[2,54 - 9,23]	< 10 <sup>-4</sup>

La majorité des ménages ayant connu les cas de choléra, 100% utilisaient l'eau de surface ou puits, 50,5% avaient leur source d'approvisionnement en eau en dehors de leurs logements ou de leur parcelle, 42,8% ne traitaient pas de l'eau de boisson, 73,6% avaient l'eau de boisson

non couverte, 38,3% n'étaient pas abonnés à un service de collecte déchets ménagers et 87,5% avaient des latrines non modernes.

Les résultats trouvés dans le tableau ci-haut montrent également que la source principale d'approvisionnement en eau, la situation de la source principale d'approvisionnement en eau, traitement de l'eau de boisson, conservation de l'eau de boisson, la présence d'eau stagnante dans la cour du ménage, les types de latrines utilisées, entretien des latrines et existences des maladies liées au manque d'hygiène étaient des facteurs associés à la survenue récurrente de l'épidémie de choléra (p-value<0,05).

### ***Caractéristiques des ménages selon les facteurs liés aux connaissances et attitudes des habitants du ménage***

Le tableau suivant montre les caractéristiques des ménages-cas et des ménages-témoins selon les facteurs liés aux connaissances et attitudes des habitants du ménage

**Tableau 6.** Analyse bivariée entre la survenue de choléra dans le ménage les facteurs liés aux connaissances et attitudes des habitants du ménage (témoins = 274 ; cas = 137)

Caractéristiques des ménages	Survenue de choléra dans le ménage				P-value
	Témoins n(%)	Cas n(%)	Total n(%)	OR[IC à 95%]	
<b>Connaître les symptômes de choléra</b>					
Non	24(61,5)	15(38,5)	39(100,0)	1	
Oui	250(67,2)	122(32,8)	372(100,0)	0,78[0,39–1,54]	0,480
<b>Savoir les modes de transmission du choléra</b>					
Non	37(57,8)	27(42,2)	64(100,0)	1	
Oui	237(68,3)	110(31,7)	347(100,0)	0,64[0,37–1,10]	0,110
<b>Fréquence de choléra dans la zone</b>					
Non	152(77,2)	45(22,8)	197(100,0)	1	
Oui	122(57)	92(43)	214(100,0)	2,55[1,66–3,91]	< 10 <sup>-4</sup>
<b>Contact avec un malade cholérique</b>					
Non	265(87,7)	37(12,3)	302(100,0)	1	
Oui	9(8,3)	100(91,7)	109(100,0)	79,58[37,07–170,83]	< 10 <sup>-4</sup>
<b>Quelqu'un dans l'entourage qui est attrapé par le choléra</b>					
Non	83(68,7)	36(30,3)	119(100,0)	1	
Oui	70(57,9)	51(42,1)	121(100,0)	1,66[0,99–2,86]	0,061
Ne sait pas	121(70,8)	50(29,2)	171(100,0)	0,95[0,57–1,59]	0,896
<b>Avoir habitude de laver les mains avec de l'eau potable et du savon dès la sortie des latrines et avant de manger</b>					
Non	10(12)	73(88)	83(100,0)	1	
Oui	264(80,5)	64(19,5)	328(100,0)	0,03[0,02–0,07]	< 10 <sup>-4</sup>
<b>Avoir hygiène des légumes et les fruits avant la préparation</b>					
Non	2(20)	8(80)	10(100,0)	1	
Oui	272(67,8)	129(32,2)	401(100,0)	0,12[0,02–0,57]	0,003
<b>Milieu de conservation des aliments frais et/ou cuits</b>					
Garde-manger	208(69,3)	92(30,7)	300(100,0)	1	
Réfrigérateur/Congélateur	45(90,0)	5(10,0)	50(100,0)	0,25[0,1–0,65]	0,002

Caractéristiques des ménages	Survenue de choléra dans le ménage					P-value
	Témoins n(%)	Cas n(%)	Total n(%)	OR[IC à 95%]		
Température ambiante	21(34,4)	40(65,6)	61(100,0)	4,31[2,40-7,71]	0,000	
<b>Séparation des aliments crus et les aliments prêts à consommer</b>						
Non	3(42,9)	4(57,1)	7(100,0)	1		0,345
Oui	271(67,1)	133(32,9)	404(100,0)	0,37[0,08-1,67]	0,228	
<b>Milieu de conservation des plats cuisinés restants</b>						
Garde-manger/ cuisine	163(61,0)	104(39,0)	267(100,0)	1		
Portés aussitôt au frigo	22(78,6)	6(21,4)	28(100,0)	0,43[0,17-1,09]	0,098	
Remis aux talibés /jetés	89(76,7)	27(23,3)	116(100,0)	0,48[0,29-0,78]	0,003	
<b>Réchauffe les aliments cuits restants avant consommation</b>						
Non	6(18,2)	27(81,8)	33(100,0)	1		
Oui	179(68,3)	83(31,7)	262(100,0)	0,10 [0,04-0,26]	0,000	
Ne pas les consommer /les jeter	89(76,7)	27(23,3)	116(100,0)	0,07[0,02-0,18]	<0,001	
<b>Habitude de consommer des aliments exposés par les vendeurs au bord de la route</b>						
Non	153(85,0)	27(15,0)	180(100,0)	1		
Oui	121(52,4)	110(47,6)	23(100,0)	5,15[3,18-8,36]	< 10 <sup>-4</sup>	
<b>Discussion familiale en rapport avec l'hygiène</b>						
Oui	178(86,8)	27(13,2)	205(100,0)	1		
Non	96(46,6)	110(53,4)	206(100,0)	7,55[4,63-12,3]	< 10 <sup>-4</sup>	

La majorité des ménages ayant connu les cas de choléra, 38,5% ne connaissaient pas les symptômes du choléra, 42,2% ne savaient pas les modes de transmission du choléra, 43% déclaraient que le choléra était plus fréquent dans leurs zones, 91,7% avaient eu un contact avec un malade cholérique, 42,1% avaient une personne dans leur entourage qui était attrapé par le choléra, 88% ne pratiquaient pas le principe de lavage des mains correctement, 80% ne pratiquaient pas l'hygiène des légumes et des fruits, 65,6% conservaient leurs aliments dans la température ambiante, 57,1% ne séparaient pas des aliments crus et les aliments prêts à consommer, 39,0% conservaient leurs plats cuisinés restants dans le garde-manger, 81,8% ne réchauffaient pas les aliments cuits restants avant consommation, 47,6% consommaient des aliments exposés par les vendeurs au bord de la route et 53,4% ne discutaient pas l'hygiène en leurs familles.

Selon les résultats trouvés dans le tableau ci-haut, la fréquence de choléra dans la zone, contact avec un malade cholérique, la présence de choléra dans l'entourage, avoir habitude de laver les mains avec de l'eau potable et du savon dès la sortie des latrines et avant de manger, avoir hygiène des légumes et les fruits avant la préparation, le milieu de conservation des aliments frais et/ou cuits, milieu de conservation des plats cuisinés restants, réchauffer les aliments cuits restants avant consommation, avoir habitude de consommer des aliments exposés par les vendeurs au bord de la route et avoir

la discussion familiale en rapport avec l'hygiène sont des facteurs associés à la survenue récurrente de l'épidémie de choléra (p-value<0.05).

***Caractéristiques des ménages-cas et de ménages-témoins de l'échantillon selon les facteurs liés au système de santé.***

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des ménages-cas et de ménages-témoins de l'échantillon selon les facteurs liés au système de santé.

**Tableau 7.** Analyse bivariée entre la survenue de choléra dans le ménage et les variables indépendantes selon les facteurs liés au système de santé (témoins = 274 ; cas = 137)

Caractéristiques des ménages	Survenue de choléra dans le ménage				P-value
	Témoins n (%)	Cas n (%)	Total n (%)	OR [IC <sub>95%</sub> ]	
<b>Existence des ASC dans la zone</b>					
Non	89(67,4)	43(32,6)	132(100,0)	1	
Oui	185(66,3)	94(33,7)	279(100,0)	1,05[0,68–1,63]	0,910
<b>Recevoir une visite d'un ASC dans le ménage dans les 12 derniers mois</b>					
Non	189(69,5)	83(30,5)	272(100,0)	1	
Oui	27(62,8)	16(37,2)	43(100,0)	1,35[0,69–2,64]	0,380
Ne sait pas	58(60,4)	38(39,6)	96(100,0)	1,49[0,92–2,42]	0,130
<b>Existence d'un CDS tout près du ménage</b>					
Non	9(52,9)	8(47,1)	17(100,0)	1	
Oui	262(67,5)	126(32,5)	388(100,0)	0,54[0,20–1,44]	0,290
Ne sait pas	3(50,0)	3(50,0)	6(100,0)	1,12[0,17–7,24]	0,999
<b>Distance entre le ménage et CDS</b>					
Moins de 500m	76(65,5)	40(34,5)	116(100,0)	1	
Plus de 500m	186(68,4)	86(31,6)	272(100,0)	0,88[0,55–1,39]	0,636
CDS loin ou Ne sait pas	12(52,2)	11(47,8)	23(100,0)	1,74[0,70–4,30]	0,240
<b>Accès à la FOSA</b>					
Non	146(62,7)	87(37,3)	233(100,0)	1	
Oui	91(82,7)	19(17,3)	110(100,0)	0,35[0,2–0,61]	< 10 <sup>-4</sup>
Ne sait pas	37(54,4)	31(45,6)	68(100,0)	1,41[0,81–2,43]	0,260

La majorité des ménages ayant connu les cas de choléra, 33,7% connaissaient qu'il y a les ASC dans leurs zones, 39,6% ne savaient pas si les ASC avaient fait une visite dans leurs ménages dans les 12 derniers mois, 50% ne savaient pas s'il existait le CDS tout près de leurs ménages, 47,8% avaient une distance plus longue entre leurs ménages et le CDS ou bien le savaient pas et 45,6% ne savaient pas s'ils avaient l'accès à la FOSA.

L'accès à la formation sanitaire était la seule variable statistiquement associée à la survenue de cholera dans les ménages ( $p < 10^{-4}$ ).

## Modèle de régression logistique

Tableau 8. Modèle de régression logistique

Caractéristiques des ménages	Modèle finale		P-value
	OR ajusté	IC à 95%	
Conservation de l'eau de boisson	Récipient bien couvert	1	
	Récipient non couvert	8,66	[12,3-35,2] <b>0,002</b>
Le traitement de l'eau de boisson	Oui	1	
	Non	6,27	[1,24-40,80] <b>0,038</b>
Types de latrines	Latrine moderne	1	
	Latrine non moderne	26,6	[3,64-306] <b>0,003</b>
Entretien des latrines	Bien entretenu	1	
	Mal entretenu	3,93	[1,12-13,6] <b>0,03</b>
Existences des maladies liées au manque d'hygiène	Non	1	
	Oui	11,9	[3,23-55,4] <b>&lt;0,001</b>
La fréquence de Choléra dans la zone	Non	1	
	Oui	2,51	[0,81-7,88] <b>0,109</b>
Contact avec un malade cholérique	Non	1	
	Oui	164	[47,6-768] <b>&lt;0,001</b>
Habitude de laver les mains	Oui	1	
	Non	7,6	[2,09-29,9] <b>0,003</b>
Avoir hygiène des légumes et les fruits avant la préparation	Oui	1	
	Non	88	[3,75-1944] <b>0,003</b>
Habitude de consommer des aliments exposés	Non	1	
	Oui	3,1	[1,05-10,1] <b>0,048</b>
Avoir une discussion familiale en rapport avec l'hygiène	Oui	1	
	Non	3,06	[1,00-10,10] <b>0,056</b>

Les résultats montrent que toutes les variables retenues dans le modèle final ont les p-values inférieures à 5% à l'exception de la fréquence de Choléra dans la zone et avoir la discussion familiale en rapport avec l'hygiène qui ont un effet de contrôle. Ces dernières sont retenues en raison de leur effet significatif dans le modèle final car ses retraits influencent la non significativité des autres variables.

Les résultats montrent que la conservation de l'eau de boisson dans un récipient non couvert, absence de traitement de l'eau de boisson, types de latrines non modernes (latrines sans dalle/trou ouvert et absence des latrines), mal entretien des latrines, existences des maladies liées au mauvais entretien des latrines, contact avec un malade cholérique, manque d'habitude de laver les mains avec de l'eau potable et du savon dès la sortie des latrines et avant de manger, absence d'hygiène des légumes et les fruits avant la préparation et habitude de consommer des aliments exposés par les vendeurs au bord de la route sont des facteurs associés à la survenue récurrente de l'épidémie de choléra en Mairie de Bujumbura.

Le test d'adéquation de Hosmer-Lemeshow montre la p-value=0.9841. La p-value est supérieure à 0.05. Le modèle final est valide.

R<sup>2</sup> pour ce modèle final est donnée par : Hosmer et Lemeshow : R<sup>2</sup>= 0,738 et Nagelkerke : R<sup>2</sup> = 0,846. Un R<sup>2</sup> élevé (0,738) de Hosmer et Lemeshow indique un bon ajustement du modèle par rapport aux données. Cela signifie que le modèle prédit bien les résultats observés. Nagelkerke R<sup>2</sup> de 0,846 signifie que le modèle explique environ 84,6% de la variance des résultats. C'est une indication d'un modèle très performant.

## Discussion des résultats

### *Les facteurs socio-démographiques et économiques du ménage*

Dans cette étude, le niveau d'instruction du chef de ménage montre que 7,1 % des chefs de ménage n'ont aucune instruction, tandis que 29,9 % ont un niveau primaire, 26,5 % un niveau secondaire, 21,9 % un niveau d'humanité général, et 14,6 % un niveau universitaire. Le niveau d'éducation est un facteur déterminant dans la compréhension et l'application des pratiques d'hygiène, ce qui est crucial pour la prévention des épidémies de choléra car, selon les résultats de cette étude, lors d'une analyse bivariée entre niveau d'instruction du chef de ménage et la survenue du choléra dans le ménage, plus le chef de ménage a le niveau d'instruction le plus élevé, plus le ménage présente un certain effet protecteur contre la survenue de choléra. Les résultats de l'étude réalisée dans le Rift Valley Albertin à l'Est de la RDC montre que le niveau d'instruction des chefs de ménages a constitué un facteur associé à la résurgence du choléra dans la côte occidentale du lac Edouard avec (OR : 6,57 [IC : 2,85-15,15 avec p<0,0001] (Mututa et al., 2016). L'étude menée à Harare, au Zimbabwe, montre qu'avoir atteint un niveau d'éducation inférieur au secondaire [AOR = 4,40 ; IC à 95 % (2,28 - 8,48)] était un facteur de risque associé au choléra (Kone-Coulibaly et al., 2010). Le niveau d'instruction inférieur ou égal à 6 ans d'études est un facteur statistiquement et significativement associé au choléra à Lubumbashi (P<0.05) (Dimandja et al., 2022).

Concernant l'activité principale, 32,8 % des chefs de ménage sont commerçants, 12,4 % sont sans activité, 6,3 % sont cultivateurs, 10,2 % sont étudiants ou élèves, 11,9 % sont salariés et 26,3 % exercent d'autres activités. D'après les résultats trouvés avec analyse bivariée entre l'activité principale et la survenue de choléra dans le ménage, les cultivateurs restent plus de 3 fois exposés au risque de contracter le choléra (OR=3,21), les étudiants et les élèves sont 71% moins exposés, les salariés sont 98% moins exposés, les commerçants et d'autres métiers sont 16% moins exposés par rapport aux sans emploi. Dans l'étude réalisée à Lubumbashi, les résultats ont mis en exergue que les commerçants, les agriculteurs, les ménagères, les étudiants et les élèves étaient respectivement aux environs de 7, 6, 4 et 2 fois plus susceptibles de développer le choléra que les employés (P-value = 0.000) (Dimandja et al., 2022). Pour cette présente étude, les commerçants et les autres métiers, les

étudiants et les élèves et les salariés ont un effet protecteur contre le choléra, comparativement aux sans emploi.

En ce qui concerne la source principale de revenu, 22,9 % des chefs de ménage sont sans emploi, 57,2 % ont un emploi libéral, 12,7 % sont salariés, et 7,3 % n'ont pas précisé leur source de revenu. Les ménages ayant des revenus instables ou faibles sont moins susceptibles de pouvoir se permettre des installations sanitaires appropriées, augmentant ainsi leur vulnérabilité aux épidémies de choléra. L'association entre la source principale de revenu et la survenue de choléra montre que les ménages ayant emploi libéral, sans emploi et non précisée comme les sources principales de revenu ont plus de risque d'avoir le choléra dans le ménage. Les résultats sont similaires à ceux trouvés à Lubumbashi en RDC où les ménages ayant les revenus bons sont moins exposés au choléra (OR=0,45, IC à 95% = 0,21-0,9 et p-value= 0,04) (Kibamba, 2019).

### ***Les facteurs environnementaux du ménage***

La majorité des ménages (75,7%) utilise l'eau de robinet comme source principale d'approvisionnement. Cela indique un accès relativement bon à une source d'eau considérée comme potable. Cependant, la qualité de l'eau peut varier en fonction de l'infrastructure et de la gestion des réseaux d'eau. Ces résultats se rapprochent avec ceux trouvés par Dieudonné (2024) dans son étude faite dans la zone de Buterere ; selon ses recherches, il a montré que la majorité des ménages de la zone Buterere ont accès à l'eau potable par le biais de bornes fontaines publiques de la REGIDESO (76,2%). Une très petite proportion utilise l'eau de surface ou puits creusé non protégé (0,5%). Bien que ce soit un faible pourcentage, les ménages qui utilisent de l'eau non protégée sont à risque accru de choléra. L'utilisation de sources d'eau non protégées est un facteur de risque majeur pour les épidémies de choléra (Tubaya, 2008).

Une majorité des ménages (74%) ne traitent pas leur eau de boisson, ce qui est préoccupant. Le manque de traitement de l'eau de boisson expose les familles à des risques accrus de choléra. Il en résulte un traitement précaire de l'eau de consommation et une contamination de la nappe phréatique par des matières fécales qui sont en général responsables de la transmission du choléra (Kibamba, 2019). Selon cette présente étude, selon les résultats du modèle final, les ménages qui ne traitent pas l'eau de boisson sont 6,27 fois plus susceptibles d'avoir le choléra dans le ménage (p-value < 0,05). Dans une étude réalisée dans la Ville De Djougou Au Bénin, l'eau de boisson non traitée (p-value = 0,03) est l'un des facteurs significatifs déterminant le choléra (Senoumantin et al., 2017).

Les résultats de cette étude montrent qu'une grande majorité des ménages conserve l'eau de boisson dans des récipients bien couvert (87,1%),

ce qui est une pratique positive pour éviter la contamination. Cela est en accord avec les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé sur la conservation de l'eau potable (OMS, 1993). Selon l'étude réalisée au Sud-Kivu en RDC, 73,4% des ménages conservent l'eau de boisson dans un récipient bien couvert (Kibamba, 2019). L'étude faite à Lubumbashi, les personnes qui conservent l'eau de boisson dans des seaux ou des bassins sont plus de 3 fois plus exposés au choléra par rapport à ceux qui la conservent dans des bidons ou fûts (OR = 3,36 et P-value < 0,05) (Tubaya, 2008).

De même, un quart (24,8%) des ménages admet que ses latrines sont mal entretenues. Le mauvais entretien des latrines est un facteur de risque majeur pour la santé publique, car il favorise la prolifération des agents pathogènes (Action contre la Faim, 2013). Les résultats de cette étude soulignent que l'utilisation des latrines mal entretenues par les membres du ménage augmente 3,93 fois des risques d'avoir le choléra dans le ménage. L'étude réalisée à Lubumbashi montre que les ménages utilisant des latrines mal entretenues exposent leurs membres à un risque 11,65 fois plus élevé de contracter le choléra. (Tubaya, 2008). Autre étude menée à Lubumbashi a démontré que, comparé aux témoins, les cas utilisant Récipients comme type de toilette ont 2 fois plus le risque de contracter le choléra que ceux qui utilisaient les toilettes en eau courante (OR=2,2, IC<sub>95%</sub> = [1,5-3,1]) (P= 0,00) (Dimandja et al., 2022).

### ***Les facteurs liés aux connaissances et attitudes des habitants du ménage***

Selon les résultats de cette étude, la consommation d'aliments exposés par des vendeurs au bord de la route dont l'hygiène inadéquate augmente de 3,1 fois le risque de choléra au sein du ménage. Dans l'étude réalisée à Lubumbashi, la consommation des aliments exposés par les vendeurs au bord de la route ont 7,87 fois plus exposé les membres des ménages de contracter le choléra (Tubaya, 2008).

Aussi, le manque d'habitude de lavage des mains avec de l'eau potable et du savon après les toilettes et avant de manger, augmente 29 fois le risque de contracter le choléra dans le ménage en Mairie de Bujumbura. Cependant, le manque de lavage des mains avec de l'eau potable et du savon après les toilettes et avant de manger, expose 6,5 fois plus au risque de contracter la maladie à Djougou (Senoumantin et al., 2017), le risque est de 11,71 fois de plus à Lubumbashi si l'on n'adopte pas cette règle d'hygiène (Tubaya, 2008).

Les résultats ont renseigné que 26,5% des ménages enquêtés ont aux moins une personne qui était en contact avec au moins une personne malade du choléra. En effet le fait d'avoir été en contact avec un malade du choléra avait de l'influence significative sur la survenue de cette épidémie avec un risque allant au-delà de 164 fois ; p<0,00001. Par ailleurs, les autres auteurs

ont révélé que le contact avec un sujet cholérique est l'un des plus grands facteurs de risque du milieu d'étude. Le contact avec un cholérique expose 3 fois plus les membres des ménages de contracter le choléra dans la ville de la zone de santé d'Uvira au Sud-Kivu ( $p\text{-value}=0,0000$ ) (Kibamba, 2019) et 93 fois plus les membres des ménages de contracter le choléra dans la ville de Lubumbashi ( $p\text{-value}<0,05$ ) (Tubaya, 2008).

Il a été remarqué que l'hygiène des légumes et les fruits avant la préparation était significativement associé à l'épidémie récurrente du choléra. Les résultats montrent que les ménages n'ayant pas l'hygiène des légumes et les fruits avant la préparation sont 88 fois plus susceptibles de contracter le choléra dans le ménage ( $OR=88$ . IC à 95% = 3,75-1944 et  $p\text{-value}=0,003$ ). Dans une étude faite au Sud-Kivu, les cas choléra enregistrés dans les ménages de la zone de santé d'Uvira de janvier 2017 à décembre 2019 étaient significativement associés à l'absence de l'hygiène des légumes et les fruits avant la préparation ( $p\text{-value}=0,0239$ ) (Hombanyi et al., 2021). Les types aliments consommés jouent un grand rôle dans la contamination de choléra, selon l'étude réalisée à Lubumbashi, le fait de consommer les fruits ou tubercules crus accroît davantage le risque de contracter le cholera par rapport à ceux qui n'en consomment pas ( $OR=4,45$  ; IC à 95% = [3,14-6,33] avec  $p\text{-value}<0,05$ ) (Kibamba, 2019).

### ***Les facteurs liés au système de santé***

La majorité des ménages (67.9%) ont accès à des agents de santé communautaire, ce qui est un point positif pour la sensibilisation et le suivi sanitaire dans la communauté. Les ASC jouent un rôle essentiel dans la prévention et le contrôle des maladies, y compris le choléra. D'après les résultats d'une étude réalisée dans la zone de Buterere, 69% des ménages ont accepté l'existence des ASC dans leur localité (Armande & Yahya, 2016). D'après les résultats trouvés lors de l'association bivariée avec la survenue de choléra dans le ménage, l'existence d'un ASC ou non n'a pas d'effet significatif sur la survenue de choléra ( $OR=1,05$ . IC à 95% = 0,68-1,63) ; ce qui pourrait indiquer que leur présence seule ne suffit pas à réduire le risque de choléra.

Un accès à la FOSA est fortement associé à une réduction du risque de choléra, indiquant que les services de santé primaires jouent un rôle crucial dans la prévention des épidémies ( $OR=0,35$ . IC 95% = 0,20-0,61,  $p\text{-value}<0,0001$ ). Ces résultats se diffèrent à ceux de l'étude faite en Zone de Buterere où l'accessibilité aux FOSA n'influence pas significativement la survenue de l'épidémie de choléra ( $p\text{-value}=0,24806$ ) (Armande & Yahya, 2016). Par contre, dans cette étude, l'accessibilité aux FOSA n'est pas incluse dans les facteurs significatifs selon les résultats du modèle selon la régression logistique.

## Conclusion

Au terme de cette étude portant sur les facteurs associés à l'épidémie de choléra dans la municipalité de Bujumbura, dont l'objectif général est de contribuer à la réduction de la morbidité et mortalité liées au choléra, les résultats montrent que des pratiques de conservation de l'eau de boisson dans le récipient bien couvert et de traitement efficace de cette dernière sont essentielles pour réduire le risque de choléra. Avec des odds ratio (OR) révélateurs (8,66 pour la conservation de l'eau dans le récipient non couvert et 6,27 pour absence de son traitement), il est impératif que les politiques de santé publique mettent l'accent sur l'amélioration de l'accès à l'eau potable et sur la sensibilisation à son traitement.

Les conditions des latrines et leur entretien sont des déterminants clés de la santé publique, comme en témoigne l'OR de 26,6 pour les types de latrines non modernes (latrines sans dalle/trou ouvert et absence des latrines). Le contact avec un malade cholérique (OR = 164) indique qu'il faut avoir nécessité d'une surveillance efficace et d'une réponse rapide lors de l'apparition de cas. Le risque accru associé à la consommation d'aliments exposés par les vendeurs au bord de la route (OR = 3,1) appelle à une régulation stricte des pratiques de vente alimentaire.

La lutte contre le choléra nécessite une approche coordonnée qui intègre les dimensions sanitaires, environnementales et comportementales. Les résultats de cette étude fournissent des bases solides pour orienter les politiques de santé publique, en adoptant des interventions ciblées et en impliquant les communautés, il est possible de réduire significativement la prévalence du choléra et d'améliorer la santé globale des populations vulnérables.

**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.

**Déclaration pour les participants humains :** Cette recherche a été approuvé par le Comité d'Ethique du Laboratoire Universitaire de Recherche en Modélisation et en Ingénierie de Statistique Appliquée de l'Université du Burundi.

## References:

1. Action contre la Faim. (2013). *Lutter contre le choléra ! Le rôle des secteurs EAH et SMPS dans la lutte contre le choléra*. Disponible en ligne : [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/acf\\_kit\\_de\\_procedures\\_operationnelles\\_cholera\\_2023.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/acf_kit_de_procedures_operationnelles_cholera_2023.pdf)
2. Ali, M., Nelson, A. R., Lopez, A. L., & Sack, D. A. (2015). *Updated global burden of cholera in endemic countries*. *PLoS neglected tropical diseases*, 9(6), e0003832.
3. Armande, A. O., & Yahya, M. (2016). *Contribution à l'étude des facteurs influençant l'épidémie de choléra en milieu urbain : cas de la zone Buterere, Bujumbura* [mémoire, Institut National de Santé Publique].
4. Boloweti, D. B. (2021). *Analyse écologique des points chauds de choléra en Afrique* (Doctoral dissertation, Université Bourgogne Franche-Comté ; Université de Kinshasa). Disponible en ligne : <https://theses.hal.science/tel-03630433>.
5. Cros, C. (2019). *L'étude des antimicrobiens comme modulateurs du système de sécrétion de type VI de vibrio cholerae*. Disponible en ligne : <https://umontreal.scholaris.ca/server/api/core/bitstreams/9c2921c9-5c45-4dc7-8310-795bc74b5d02/content>.
6. Debes, A. K., Shaffer, A. M., Ndikumana, T., et al. (2021). *Cholera hot-spots and contextual factors in Burundi, planning for elimination*. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 6(2), 76.
7. Dieudonné, N. (2024). *Évaluation de l'accessibilité à l'eau potable, hygiène et assainissement en zone Buterere en mairie de Bujumbura - Burundi*. Disponible en ligne : <https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/941>.
8. Dimandja, A. O., Okenge, L., Lunguya, O., Mwembo, A., Aruna, A., Minikulu, L., ... & Chenge, F. (2022). *Déterminants de la morbidité et de la mortalité due au choléra à Lubumbashi, République démocratique du Congo: étude cas-témoins non appariée*. Disponible en ligne : <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/15503>.
9. Ghouth, A. S. B., & Alsheikh, G. Y. (2020). *Descriptive and clinical epidemiology of cholera in Al-Hudaydah, Yemen*. *Methods*, 80. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1016/j.ymeth.2014.11.014>.
10. Global Task Force on Cholera Control. (2017). *Ending cholera: A global roadmap to 2030*. Disponible en ligne : [https://www.who.int/cholera/task\\_force/ending-cholera-roadmap-2030.pdf](https://www.who.int/cholera/task_force/ending-cholera-roadmap-2030.pdf)
11. Hombanyi, D. B., Mutayongwa, J. N., Bashimbe, R. E., Mbsa, E. N., & Bahati, P. M. (2021). *Facteurs associés à l'épidémie du choléra*

- dans la zone de santé d'Uvira au Sud-Kivu.* American Journal of Innovative Research and Applied Sciences, 13(3), 385-392.
12. Ibrahim, A. S., Mahamadou, D., Harouna, A., Souleymane, B., Issifou, D., Lamine, I. M., ... & Saidou, M. (2019). *Epidémies de Choléra en Afrique Sub-Saharienne : Revue documentaire de 2010 à 2016.* Eur Sci J ESJ, 15(24), 315-315.
13. Kibamba, F. (2019). *République Démocratique du Congo. Etude Des Facteurs Associés à La Survenue De l'Épidémie De Choléra Dans La Territoire d'Uvira Rétrécissement La Zone De Santé d'Uvira* [mémoire, Université Officielle De Bukavu]. Disponible en ligne : [https://www.academia.edu/42013712/R%C3%A9publique\\_D%C3%A9mocratique\\_du\\_Congo](https://www.academia.edu/42013712/R%C3%A9publique_D%C3%A9mocratique_du_Congo)
14. Kone-Coulibaly, A., Tshimanga, M., Shambira, G., Gombe, N. T., Chadambuka, A., Chonzi, P., & Mungofa, S. (2010). *Risk factors associated with cholera in Harare City, Zimbabwe, 2008.* East African journal of public health, 7(4).
15. Ministère de la Santé Publique et de la Lutte contre le SIDA. (2021). *Résumé analytique du profil sanitaire du Burundi* (p. 49). Disponible en ligne : [https://files.aho.afro.who.int/afahobckpcontainer/production/files/Profil\\_sanitaire\\_analytique\\_du\\_Burundi\\_Edition\\_2023.pdf](https://files.aho.afro.who.int/afahobckpcontainer/production/files/Profil_sanitaire_analytique_du_Burundi_Edition_2023.pdf).
16. Ministère de la Santé Publique, Burundi. (2024). Données issues de DHIS2. Disponible en ligne : <https://dhis.dsnis.bi>.
17. Mututa, P. M., Kajangu, N. R., Zahinda, C. M., & Mbarambara, P. M. (2016). *Résurgence du choléra: Facteurs associés dans la côte occidentale du Lac Edouard, Rift Valley Albertin à l'Est de la RDC* [Resurgence of cholera: Factors associated in the Western coast with the Lake Eduard, Rift Valley Albertin in the East of the RDC]. International Journal of Innovation and Applied Studies, 16(1), 46.
18. OMS. (1993). *Guide pour la lutte contre le choléra.* Genève. Disponible en ligne : <https://iris.who.int/handle/10665/36834>.
19. Organisation mondiale de la Santé. (2022). *Bulletin d'information sur les flambées épidémiques : Choléra – situation mondiale.* Disponible en ligne : <https://www.who.int/fr/emergencies/ disease-outbreak-news/item/2022-DON426>
20. Organisation mondiale de la Santé. (2024). *Bulletin régional hebdomadaire sur le choléra : Choléra dans la région africaine de l'OMS – situation africaine.* Bureau régional de l'OMS pour l'Afrique. Disponible en ligne : <https://www.afro.who.int/publications/monthly-regional-cholera-bulletin-december-2024>.

21. Senoumantin, L. C., Ibouraïma, Y., Thierry, A., & Abdel-Aziz, O. (2017). *Analyse des déterminants du choléra dans la ville de Djougou au Bénin*. European Scientific Journal, ESJ, 13(18), 171.
22. Tubaya, B. (2008). *Etude des facteurs de risque du choléra: cas du district sanitaire de Lubumbashi*. DEA en santé publique, option: épidémiologie et médecine préventive, 127p.
23. World Health Organization. (2019). *Réponse à l'épidémie de choléra*. Global Task Force on Cholera Control. Disponible en ligne: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/334242 /WER9537-441-448-eng-fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/334242/WER9537-441-448-eng-fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

## Evaluation de la qualité physico-chimique et de la pollution métallique du lac Guidimouni, site RAMSAR au Niger : impacts sur les organismes aquatiques

*Youchaou Tawaye Abdoullatif*

*Alhou Bassirou*

Université Abdoumoumouni de Niamey, Ecole Normale Supérieure,

Département de Science de la Vie et de la Terre, Niamey, Niger

*Assane Anabi Toudjani*

Département Sciences de l'Eau et Environnement, Faculté des Sciences

Agronomiques et Ecologiques, Université de Diffa, Niger

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n27p126](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p126)

---

Submitted: 18 June 2025

Copyright 2025 Author(s)

Accepted: 23 September 2025

Under Creative Commons CC-BY 4.0

Published: 30 September 2025

OPEN ACCESS

### *Cite As:*

Youchaou Tawaye, A., Alhou, B. & Assane Anabi, T. (2025). *Evaluation de la qualité physico-chimique et de la pollution métallique du lac Guidimouni, site RAMSAR au Niger : impacts sur les organismes aquatiques*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (27), 126. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p126>

---

### **Résumé**

La présente étude fait un diagnostic des perturbations de la qualité des eaux dues aux activités anthropiques sur le lac Guidimouni en se basant sur l'état physico-chimique et la pollution métallique. A cet effet, des mesures sur les eaux ont été réalisées *In-situ* : T°, CE, TDS, pH, OD et *In vitro* : MES, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P, Pb, Zn, Cu, Fe et Cd. Pour les sédiments, la granulométrie et le taux de matière organique ont été déterminés. Ces analyses ont été faites à l'aide de méthodes normalisées (Rodier, 2009). Les résultats montrent une eau alcaline en saison froide (pH 9,3) (risque de toxicité du NH<sub>3</sub>), une charge organique plus élevée en saison chaude et pluvieuse (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 2,9 mg/L et phosphore 23,8mg/L) indiquant un risque élevé d'eutrophisation avec un niveau très bas d'OD 3mg/L (risque asphyxie pour les organismes aquatiques) en saison pluvieuse. Tous les ETM analysés dans les eaux et sédiments ont été détecté, toutefois à des teneurs conformes aux normes sauf pour le Pb (51,26 µg/L à 63,82µg/L), ce qui montre un début de pollution métallique du lac. Des mesures correctives doivent être envisager afin de préserver la biodiversité locale.

---

**Mots-clés:** Lac Guidimouni ; Site Ramsar ; eutrophisation ; pollution métallique, organismes aquatiques

---

## **Evaluation of the Physicochemical Quality and Metallic Pollution of Lake Guidimouni, a RAMSAR Site of Niger: Impacts on Aquatic Organisms**

*Youchaou Tawaye Abdoullatif*

*Alhou Bassirou*

Université Abdoumoumouni de Niamey, Ecole Normale Supérieure,  
Département de Science de la Vie et de la Terre, Niamey, Niger

*Assane Anabi Toudjani*

Département Sciences de l'Eau et Environnement, Faculté des Sciences  
Agronomiques et Ecologiques, Université de Diffa, Niger

---

### **Abstract**

The aim of this study was to diagnose the disturbances in water quality caused by anthropic activities on Lake Guidimouni, based on the physicochemical state and metal pollution. In this order, measurements were carried out on water and sediments in situ: T°, EC, TDS, pH, DO and *in vitro*: SM, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P, Pb, Zn, Cu, Fe and Cd. For the sediments, the granulometry and the organic matter content were determined. The results showed alkaline water in the cold season (pH 9.3) (risk of NH<sub>3</sub> toxicity), a higher organic load in the hot and rainy season (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 2.9 mg/L and phosphorus 23.8 mg/L), indicating a high risk of eutrophication with a very low level of DO 3 mg/L (risk of asphyxiation for aquatic organisms) in the rainy season. All the MTE analyzed in the water and sediments were detected, however, at levels in accordance with the standards except for Pb (51.26 µg/L to 63.82 µg/L), which shows the beginning of metallic pollution of the lake. Corrective measures must be considered in order to preserve local biodiversity.

---

**Keywords:** Guidimouni's Lake; Ramsar Site; Eutrophication; Metal pollution, Aquatic organisms

### **Introduction**

Le lac Guidimouni, situé dans la commune de Guidimouni, est classé site Ramsar et constitue une ressource écologique et socio-économique majeure (MHE/LCD, 2006). Il soutient la pêche (environ 4 tonnes/an pour la

consommation locale et pour l'exportation) (Galadima, 2008), le maraîchage (250 ha exploités où divers types de spéculations y sont cultivées) et l'abreuvement du bétail, tout en abritant une riche biodiversité (poissons, oiseaux migrateurs, crocodiles ; Issa, 2010).

La qualité des eaux, déterminée par les contextes géologiques, climatiques et biologiques (Aziz *et al.*, 2016 ; Bougon *et al.*, 2021), peut être menacée par des pressions anthropiques. Les principales sources de pollution pour le lac Guidimouni sont : l'agriculture (usage d'engrais et pesticides), les pratiques domestiques (lessive, vaisselle), le ruissellement en saison pluvieuse (apports agricoles, transport, forge) et les rejets ménagers (Bassirou, 2017 ; Youchaou Tawaye *et al.*, 2021). Ces apports peuvent entraîner une contamination organique et minérale (pesticides, nutriments, éléments traces métalliques, matières organiques, déchets divers). Les lacs, systèmes fermés, sont particulièrement vulnérables à cette dégradation (Wine *et al.*, 2019).

L'introduction de ces polluants dans le milieu aquatique peut modifier divers paramètres de l'eau, entraînant des pertes de biodiversité, des déséquilibres écologiques, ainsi que la dégradation des services écosystémiques (Fagbenro, 2002 ; Olufayo, 2009 ; Moussa *et al.*, 2012). À l'échelle des organismes vivants, les modifications des paramètres physico-chimiques peuvent avoir des impacts significatifs, variables selon les espèces, la nature et la durée des modifications. Les éléments traces métalliques, bien que nécessaires à faible concentration, deviennent toxiques lorsqu'ils dépassent les seuils tolérables et peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire, provoquant des perturbations neurologiques et reproductives (Boillot, 2008 ; Mama *et al.*, 2011 ; Daniel *et al.*, 2016 ; Lozo *et al.*, 2019). D'où la nécessité d'évaluer les milieux exposés

L'évaluation de la qualité de l'eau, nécessaire pour les usages de celle-ci, repose sur la mesure de paramètres physico-chimiques, l'utilisation d'organismes indicateurs et l'analyse des sédiments, qui conservent la mémoire des pollutions et peuvent relarguer des contaminants (Devillers *et al.*, 2005 ; Casado-Martinez *et al.*, 2016). Ces paramètres ainsi mesurés sont ensuite comparés à des valeurs de référence qui définissent l'utilisation à laquelle cette eau pourra être destinée. Cela permet d'apprécier le degré de modification du milieu et d'orienter la recherche des causes de cette altération (Bougon *et al.*, 2021).

Des études sur la qualité physico-chimique de l'eau ont déjà été menées sur le lac. Ces études se sont limitées à des analyses saisonnières de certains paramètres des eaux pour la consommation humaine et pour l'irrigation (Maman-Nasser, 2019 ; Bouba *et al.*, 2020), mais elles n'intégraient pas la composante sédimentaire. Par ailleurs, la pollution par les éléments traces métalliques n'a, à notre connaissance, jamais été évaluée à Guidimouni. D'où l'intérêt de la présente étude.

L'objectif de l'étude est de réaliser un diagnostic des perturbations de la qualité de l'eau du lac Guidimouni dues aux activités anthropiques, en se basant sur l'analyse physico-chimique et la pollution métallique des eaux et des sédiments, dans une optique de préservation de ce milieu naturel.

## Matériel et méthodes

### Présentation du site d'étude

Le lac de Guidimouni est un plan d'eau de la commune de Guidimouni, localisée dans la région de Zinder ( $13^{\circ} 40'$  -  $13^{\circ} 45'$  N et  $9^{\circ} 27'$  -  $9^{\circ} 34'$ E). La commune de Guidimouni est localisée dans le département de Damagaram Takaya limitée au Nord par les communes de Damagarm Takaya et Mazamni, au Sud par celles de Bouné et Gouchi (départements de Gouré et Magaria), à l'Est par la commune rurale de Guidigur (Gouré) et à l'Ouest par la commune rurale de Zermou (Issa, 2010). La figure 1 présente la localisation de la commune de Guidimouni.

Le lac de Guidimouni couvre une superficie de 60 ha avec une profondeur maximale pouvant atteindre trois (3) mètres. Le climat de la zone est de type sahélo-saharien, marqué par deux principales saisons : une longue saison sèche qui comprend une période froide (Novembre à Février) et une période chaude (Mars à Mai), dure huit (8) mois (d'Octobre à Mai) et une courte saison pluvieuse de quatre mois (Juin à septembre). La pluviométrie quant à elle est caractérisée par une irrégularité et une mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace. Les moyennes annuelles varient entre 300 et 600 mm à Guidimouni. La température ambiante peut descendre entre 8 et 10°C en saison sèche froide et remontée au-delà de 40°C en saison sèche chaude (Seydou, 2021).

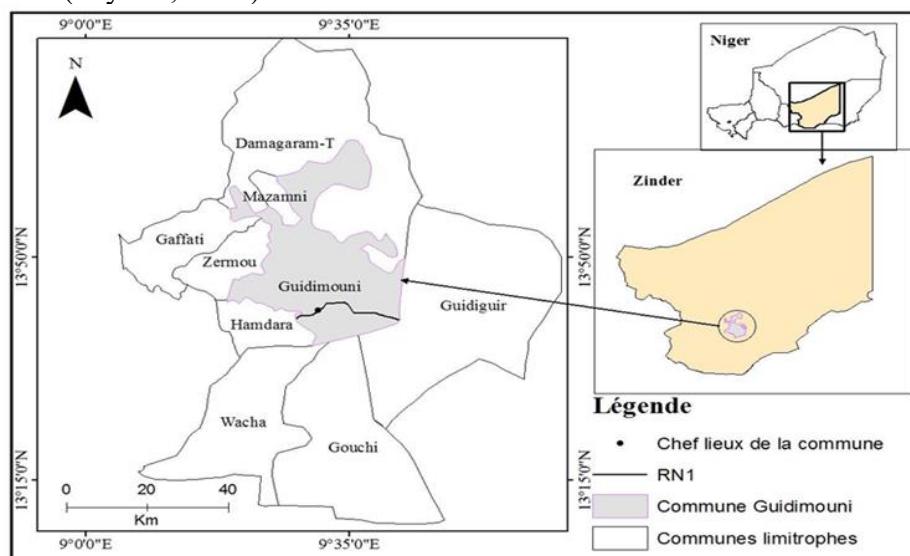


Figure 1 : Carte de localisation de la commune de Guidimouni (Mamane-Nasser, 2019)

Le terroir est marqué par une succession de dunes et de couloirs inter-dunaires. Trois (3) types de sol sont rencontrés à Guidimouni : les sols subarides bruns-rouges à faible fertilité, sur les dunes ; les sols bruns subarides à fertilité moyenne, dans les cuvettes et les sols hydromorphes riches en humus autour du lac (Guéro et Danlamso, 2008). La population à Guidimouni est estimée à 69.587 habitants en 2012 (INS, 2014), avec une densité de 62,35 habitants/km<sup>2</sup>. Les principales activités sont : l'agriculture (pluviale et irriguée) qui occupent plus 90% de la population ; l'élevage et la pêche (Ado Salifou, 2015).

## Collecte des données

### Echantillonnage

Des échantillons d'eau et de sédiments ont été prélevés, à trois endroits différents (amont, milieu et aval) notamment à des points de la zone littorale et au milieu du plan d'eau en allant d'Est en Ouest (figure 2). Trois (3) prélèvements ont été effectués et mélangés, aux mêmes points pour toutes les matrices, pour en faire respectivement des composites. Les échantillons d'eau ont été prélevés en immergeant la bouteille de prélèvement dans les vingt-cinq (25) premiers centimètres et les sédiments (500g) recueillis aux cinq (5) premiers centimètres du fond. Cette profondeur est choisie pour les eaux du fait qu'elle se situe dans la couche photique, la transparence de celle-ci se situant entre 0,5m et 0,95m (Toudjani, 20204). La couche photique étant essentielle, car c'est le lieu de développement des phytoplanctons, également, le lieu des échanges gazeux O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> (Lee et al., 2012). Pour les sédiments cette profondeur est la surface de contact directe avec la colonne d'eau, la zone la plus réactive et biodisponible pour les échanges de nutriments et des métaux. Elle est également celle qui concentre plus d'organismes benthiques (Royal Society Publishing, 2023 ; Larowe, 2023). Six (6) campagnes de prélèvement ont été réalisées sur trois saisons, donc deux (2) fois par saison aux mois indiqués : saison pluvieuse (Juin et Août), saison sèche froide (Novembre et Janvier) et la saison sèche chaude (Mars et Mai). Cette stratégie d'échantillonnage adoptée dans cette étude visait à couvrir les saisons hydrologiques et climatiques (Soro et al., 2021). Les échantillons d'eau étaient conditionnés dans des bouteilles de 500-ml en polyéthylène et transportés au frais dans une glacière contenant de la glace jusqu'au laboratoire. Les échantillons de sédiments ont été recueillis dans des sacs plastiques et transportés puis mis à sécher à la température ambiante du laboratoire.

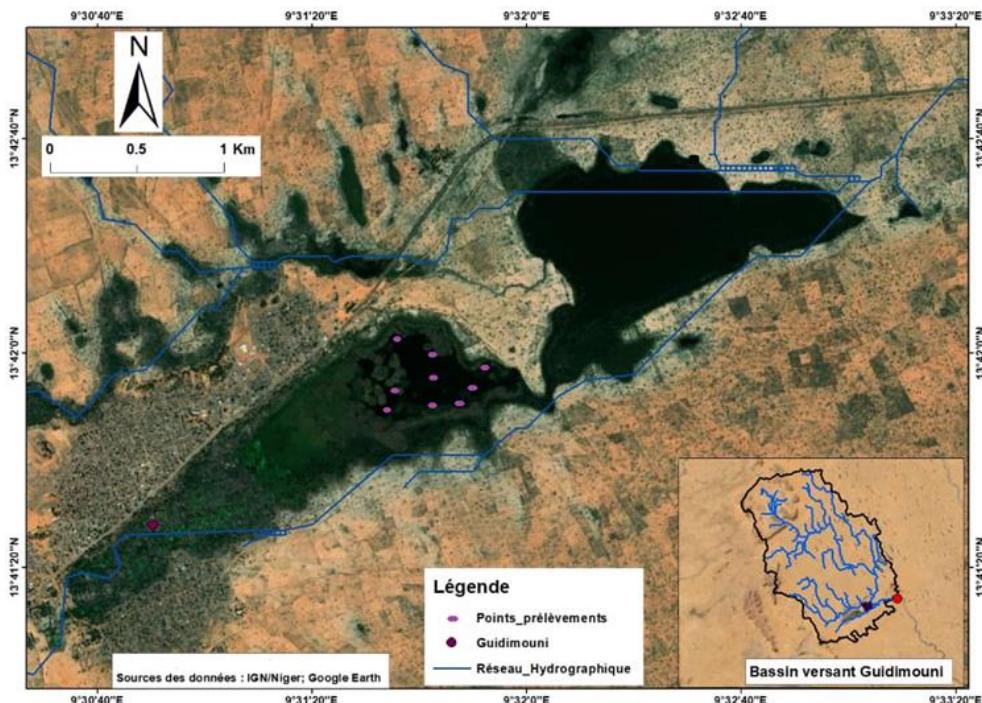


Figure 2 : Localisation des points prélèvements

### Détermination des paramètres physico-chimiques des eaux

Certains paramètres ont été mesurés *in situ*, tandis que d'autres ont été déterminés au laboratoire. Les mesures *in situ* ont concerné la température (T°), la conductivité électrique (CE) et les solides totaux dissous (TDS). Ces paramètres ont été obtenus à l'aide d'une sonde multiparamètres **Hanna HI-9812-5**, présentant les précisions suivantes : pH ( $\pm 0,1$ ), T° ( $\pm 1$  °C), CE et TDS ( $\pm 2$  % F.S). L'oxygène dissous a été quantifié au moyen d'un oxymètre **ODO 200 YSI** avec une précision de  $\pm 0,1$  mg/L.

Les analyses effectuées au laboratoire ont porté sur les matières en suspension (MES), les chlorures (Cl<sup>-</sup>), les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), les bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), les carbonates (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), le phosphore (P), ainsi que sur les métaux lourds : plomb (Pb), zinc (Zn), cuivre (Cu), fer (Fe) et cadmium (Cd), selon les procédures de Rodier (2009).

Les méthodes analytiques appliquées aux échantillons d'eaux étaient les suivantes :

- Les matières en suspension ont été déterminées par filtration sur papier **Whatman** préalablement pesé, suivie d'un séchage des résidus à l'étuve à 105 °C, pendant 1 heure puis refroidit pendant 30mn et répétés jusqu'à l'obtention de poids constant.

- Les carbonates et bicarbonates ont été dosés par titrimétrie, respectivement à la phénolphtaléine et au méthyl orange.
- Les nitrates, nitrites, ammonium et sulfates ont été quantifiés par spectrocolorimétrie.
- Les chlorures ont été déterminés par la méthode de Mohr.
- Les métaux lourds (Pb, Zn, Cu, Fe, Cd) ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique en flamme, après filtration des échantillons (Rodier, 2009).

### **Détermination des paramètres physico-chimiques des sédiments**

Les caractéristiques physico-chimiques analysées sur les sédiments comprenaient le pH, la granulométrie, la teneur en matière organique ainsi que les métaux lourds (Pb, Zn, Cu, Fe, Cd). La granulométrie a été déterminée par la méthode de la pipette de Robinson (1922), le pH et la conductivité électrique respectivement dans des suspensions sol/eau aux rapports 1/2,5 et 1/5 à l'aide d'un pH-mètre et d'un conductimètre. Le carbone organique a été dosé par la méthode de Walkley et Black (1934). Les métaux lourds ont été quantifiés par spectrophotométrie d'absorption atomique en flamme, après extraction par digestion humide à l'eau régale (HCl/HNO<sub>3</sub>, 3 :1) sur des échantillons de sol tamisés à 2 mm (Rodier, 2009).

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

Les données recueillies ont subi une analyse descriptive. Les moyennes, les valeurs minimales, les valeurs maximales et les écart-types standards ont été calculés à l'aide du tableur Excel dans sa version 2021.

## **Résultats**

### **Caractéristiques physico-chimiques des eaux**

Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques des eaux du lac Guidimouni sont regroupés dans les tableaux 1, 2, 3. Il donne la valeur moyenne, maximum, minimum (Moy : moyenne, Max : maximum, Min : minimum, Ec : écart-type) ainsi que l'écart type de chaque paramètre de tous les points de prélèvement.

### **Paramètres physico-chimiques de base**

Le Tableau 1 présente les paramètres physico-chimiques de base, le pH, la température et l'oxygène dissous:

**Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques de bases des eaux du lac Guidimouni**

Paramètres	Saison froide				Saison chaude				Saison pluvieuse			
	Moy	Max	Min	Ec	Moy	Max	Min	Ec	Moy	Max	Min	Ec
pH	9,3	10,2	7,8	1,3	7,8	8	7,7	0,1	8	8	8	0,0
T (°C)	24,2	29,3	19	4,4	26	28,9	23,4	2,5	28,7	31,2	26,7	1,7
OD mg/L	5,0	7,6	2,87	2,0	5,7	7,7	4,46	1,8	3,0	4,8	1,5	1,2

Le pH en saison froide est élevé (moyenne : 9,3 ; maximum : 10,2), ce qui indique une forte alcalinité. Il est légèrement basique (entre 7,8 et 8) en saison chaude et en saison pluvieuse, ce qui correspond au pH naturel de l'eau.

La température moyenne de l'eau est modérée avec une valeur de 24,2°C en saison froide. Elle est plus élevée en saison chaude et pluvieuse (entre 26°C et 28,7°C).

Les concentrations moyennes d'OD sont de 3 mg/L en saison pluvieuse, 5,7 mg/L (maximum : 7,7 mg/L) en saison chaude et de 5 mg/L (maximum : 7,6 mg/L) en saison froide.

### Minéralisation et pollution ionique

Le Tableau 2 donne le niveau de minéralisation et de la pollution ionique des eaux du lac Guidimouni:

**Tableau 2 : Teneur en sel dissous des eaux du lac Guidimouni**

Paramètres	Saison froide				Saison chaude				Saison pluvieuse			
	Moy	Max	Min	Ec	Moy	Max	Min	Ec	Moy	Max	Min	Ec
CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	625,6	792,0	470	156,5	758,8	843	695	71,2	751,7	815	695	42,3
TDS mg/L	325,8	395,0	240	75,6	453	765	360	154,5	361,7	410	340	24,4
$\text{Ca}^{2+}$ mg/L	87,5	110,2	70,1	19,3	108,7	116,4	100,2	6,9	104,3	110,2	100,2	4,9
$\text{Mg}^{2+}$ mg/L	38,6	68,2	24,3	16,9	61,4	72,6	42,6	11,1	54,5	58,4	42,6	6,1
$\text{Cl}^-$ mg/L	92,4	135,6	47,6	45,2	64,6	93,1	45,2	17,9	100,7	124,8	82,5	18,3
$\text{SO}_4^{2-}$ mg/L	13,8	15,0	12	1,0	12,3	12,6	11,9	0,3	12,4	12,6	12	0,3

La conductivité électrique (CE) est de 625,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en saison froide, avec un minimum de 470  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Elle augmente significativement en saison chaude pour atteindre 758,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , traduisant une minéralisation plus marquée. Les TDS (Total Dissolved Solids) suivent la même tendance, avec des concentrations plus élevées en saison chaude (453 mg/L), contre 325,8 mg/L en saison froide et 361,7 mg/L en saison pluvieuse. La concentration en chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) est plus faible en saison froide (92,4 mg/L, maximum : 135,6 mg/L), ce qui suggère une source anthropique modérée. Elle augmente légèrement en saison pluvieuse, atteignant 100,7 mg/L.

Les concentrations en sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) sont relativement stables, oscillant entre 12 et 15 mg/L, ce qui indique une faible pollution soufrée. Les carbonates sont présents à des niveaux modérés mais très variables. Ils augmentent de manière significative en saison chaude, puis diminuent légèrement en saison pluvieuse, tout en restant relativement élevés. La dureté

totale de l'eau, déterminée principalement par les concentrations en calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ). En saison froide, le Calcium : 87,5 mg/L (min 70,1 – max 110,2) et le Magnésium : 38,6 mg/L (min 24,3 – max 68,2) ; en saison chaude, le Calcium : 108,7 mg/L (min 100,2 – max 116,4) et le Magnésium : 61,4 mg/L (min 42,6 – max 72,6) et en saison pluvieuse Calcium : 104,3 mg/L (min 100,2 – max 110,2) Magnésium : 54,5 mg/L (min 42,6 – max 58,4). Ce qui indique que l'eau du lac Guidimouni est de dure, en particulier en saisons froide et pluvieuse.

### **Nutriments et pollution organique**

Le Tableau 3 montre les teneurs en nutriments et des matières en suspension des eaux du lac Guidimouni:

**Tableau 3 :** Teneurs en nutriments et des matières en suspension des eaux du lac Guidimouni

Paramètres	Saison froide				Saison chaude				Saison pluvieuse			
	Moy	Max	Min	Ec	Moy	Max	Min	Ec	Moy	Max	Min	Ec
$\text{NO}_3^-$ mg/L	1,7	2,0	1,2	0,3	1,7	1,9	1,6	0,1	1,8	2,0	1,65	0,1
$\text{NO}_2^-$ mg/L	3,0	4,4	1,4	1,5	1,8	2,1	1,7	0,1	1,9	2,1	1,8	0,1
$\text{NH}_4^+$ mg/L	1,9	2,7	1,4	0,5	2,9	5,0	2,25	1,0	2,9	5,0	2,4	1,0
P mg/L	23,6	26,5	20	3,1	22,7	24,1	21,4	1,1	23,8	25	23,0	0,7
MES mg/L	69,7	80,0	56	10,2	64,7	84	52	14,2	59,4	62	56	3,0

Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) présentent de faibles concentrations tout au long de l'année, ses teneurs ont peu varié 1,7 et 1,8 mg/L. Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont plus élevés en saison froide (3 mg/L, maximum : 4,4 mg/L), tandis qu'une hausse des concentrations en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) est observée en saison chaude et pluvieuse (de 2,9 à 5 mg/L). Les concentrations en phosphore restent élevées en toutes saisons, variant entre 22,7 et 23,8 mg/L.

Les matières en suspension (MES) montrent une forte variabilité saisonnière. Elles sont plus élevées en saison froide, avec une moyenne de 69,7 mg/L. En saison chaude, la moyenne est légèrement plus basse (64,7 mg/L), mais les pics sont plus importants (jusqu'à 84 mg/L).

Contrairement aux attentes, les MES sont plus faibles et plus stables en saison pluvieuse, avec une moyenne de 59,4 mg/L et un maximum de 62 mg/L.

### **Caractéristiques physico-chimiques des sédiments**

Le tableau 4 présente les résultats des caractéristiques des sédiments du lac Guidimouni et de la mare de Tabalak:

**Tableau 4 : Caractéristiques physico-chimiques des sédiments du lac Guidimouni**

Sites	PP/S	pH	CE ( $\mu$ S/cm)	MO (%)	A (%)	Lf (%)	Lg (%)	Sf (%)	Sm (%)	Sg (%)
<b>Guidimouni</b>	GS 1	7,4	621,7	5,9	15	3,71	9,35	16,48	51,58	3,88
	G S 2	7,4	580	6,0	22,18	3,75	6,12	15,27	46,85	5,83
	G S 3	7,4	475	5,8	25,01	1,11	6,56	15,52	44,26	7,54

PP/S : Points de prélèvement des Sédiments pH : Potentiel Hydrogène ; CE : Conductivité Electrique ; MO : Matière Organique, A : Argile, Lf : Limon fin, Lg : Limon grossier, Sf : Sable fin, Sm : Sable moyen, Sg : Sable grossier, GS : Guidimouni, échantillon de Sédiment.

Le pH est de 7,4 montre une légère alcalinité des sédiments durant la période d'étude. Les teneurs en matières organiques sont comprises entre 5,8 et 6%. Ces teneurs sont > 5% ce qui indique des sédiments à hautes teneurs en matière organique. La conductivité quant à elle varie entre 475 et 631,7  $\mu$ S/cm.

L'analyse granulométrique des sédiments montre des textures limono-argileuse. Les teneurs dans les sédiments étaient plus élevées en argiles (15 à 25,01%), celle des limons entre 1,11 et 9,35% et celle des sables entre 3,88 et 51,58%. Ils sont par contre riches en phosphore (14,82 à 16,18).

### **Variation des éléments traces métalliques dans les matrices eau et sédiments du lac Guidimouni**

Les tableaux 5 et 6 montrent respectivement les teneurs en éléments traces métalliques dans les eaux et les sédiments du Lac Guidimouni.

L'analyse des tableaux met en évidence la présence de l'ensemble des éléments traces étudiés (Plomb, Zinc, Cuivre, Fer et Cadmium) dans les échantillons d'eau et de sédiments, et ce, à tous les points de prélèvement.

**Tableau 5 : Teneurs en éléments traces métalliques dans les eaux du lac Guidimouni**

ETM ( $\mu$ g/L)	Guidimouni			NQE ( $\mu$ g/L) (AGRBC, 2011)
	GEE 1	GEE 2	GEE 3	
Pb	<b>63,82</b>	<b>51,26</b>	46,37	< 50
Zn	7,18	8,01	8,29	< 20
Cu	10,78	8,16	12,29	< 50
Fe	156,80	146,74	159,63	-
Cd	4,71	3,28	3,82	< 5

ETM : Eléments traces métallique ; GEE : Guidimouni, Echantillon d'Eau ; Pb : Plomb ; Zn : Zinc ; Cu : Cuivre ; Fe : Fer ; Cd : Cadmium

Les valeurs en gras sont des teneurs dépassant les normes.

Les teneurs relevées dans les eaux varient de 0,46 à 0,64  $\mu$ g/L pour le Pb, de 0,007 à 0,008  $\mu$ g/L pour le Zn, et de 0,03 à 0,05  $\mu$ g/L pour le Cd. La hiérarchisation des concentrations révèle l'ordre suivant : **Cd < Zn < Cu < Pb < Fe**.

**Tableau 6 :** Teneurs en éléments traces métalliques dans les sédiments du lac Guidimouni

ETM (mg/kg)	Guidimouni			Normes (mg/kg) (CCME, 2005)
	GS 1	GS 2	GS 3	
Pb	0,74	0,41	0,20	91,30
Zn	1,16	1,40	0,82	315,00
Cu	0,51	0,65	0,57	197,00
Fe	128,92	144,98	125,00	-
Cd	0,02	0,02	0,01	3,50

*ETM : Élément Trace Métallique GS : Guidimouni échantillon de Sédiment ;*

Dans les sédiments, elles oscillent entre 0,198 et 0,744 mg/kg pour le Pb, 0,822 et 1,396 mg/kg pour le Zn, 0,514 et 0,651 mg/kg pour le Cu, et 0,013 à 0,022 mg/kg pour le Cd. La hiérarchisation des concentrations révèle l'ordre suivant : **Cd < Cu < Pb < Zn < Fe**.

Les teneurs en Fer sont, dans tous les cas, les plus élevées, avec des valeurs comprises entre 146,74 et 159,63 µg/L dans les eaux et entre 125 et 144,97 mg/kg dans les sédiments.

À l'exception du Plomb mesuré à Guidimouni, au niveau des deux premiers points de prélèvement (GEE1 et GEE2), l'ensemble des concentrations observées dans les eaux comme dans les sédiments respecte les normes de qualité en vigueur.

## Discussion

La qualité des eaux de surface est essentielle pour la vie aquatique, car elle conditionne la survie et le développement équilibré des organismes aquatiques. La surveillance de cette qualité est donc primordiale ; elle passe notamment par l'analyse de paramètres physico-chimiques auxquels ces organismes ne peuvent échapper.

En saison chaude, les eaux du lac Guidimouni sont légèrement alcalines, favorables aux écosystèmes aquatiques. Selon Tfiel et al. (2018), le pH dépend de la matière organique dissoute et de la perte de CO<sub>2</sub>, tandis qu'Abboudi A. et al. (2014) soulignent l'influence du substrat traversé par l'eau (de nature siliceux Sandao (2013)). Les variations de pH peuvent donc résulter d'une activité biologique accrue (photosynthèse et respiration). En saison froide, l'élévation du pH peut être liée à une dissolution accrue des minéraux alcalins due à une température plus basse réduisant le CO<sub>2</sub> dissous (Romero-Mujalli et al., 2019). Un pH supérieur à 9, comme 9,3–10,2, est défavorable à la plupart des espèces aquatiques, affectant poissons et invertébrés et augmentant la toxicité de l'ammoniaque (Dimon et al., 2014). Les pH observés en saisons chaude et pluvieuse, variant de 7,8 à 8, se situent dans la fourchette optimale pour la vie aquatique (6,5–8,5) (I.B.G.E, 2005). Ces résultats sont supérieurs à ceux rapportés dans les rivières du sud-ouest du Nigeria par Bello et al. (2023) qui sont de 6,5–7,9 et dans le lac Tchad de 7,2–

8,4 par Akan et al. (2012), mais corroborent de ceux signalés au lac Guidimouni par Bouba et al. (2020) qui sont de 8,5–9,4.

La température varie entre 24,2 et 28,7 °C au cours de toutes les saisons. Ces températures se situent dans la fourchette tolérable pour les poissons tropicaux et tempérés. Toutefois, le pic observé en saison pluvieuse (31,2 °C) pourrait être nocif. Une température supérieure à 30 °C peut réduire l’oxygénation d’une part et stresser les espèces sensibles d’autre part (IERE, 2021). Cette élévation peut être liée à celle du milieu ambiant lors des prélèvements (pluies chaudes, brassage des couches d’eau, activité biologique accrue). En saison froide, l’eau connaît de fortes variations thermiques, pouvant affecter la chimie de l’eau et les organismes aquatiques. En saison chaude, l’eau devient plus stable et plus chaude, favorisant les processus biologiques. Les moyennes de température observées en saison pluvieuse sont similaires à celles rapportées par Agblonon Houelome et al. (2016) dans les eaux de la rivière Alibori (26 °C à 31,86 °C), par Aziz et al. (2016) dans l’oued Beht au Maroc (20 °C à 26 °C), et par Millogo et al. (2020) dans le bassin du lac Bam au Burkina Faso (25,5 °C à 30,8 °C). Ces températures sont caractéristiques des zones tropicales et comparables à celles d’autres pays subsahariens.

L’oxygène dissous (OD) est plus élevé en saisons chaude et froide, et plus faible en saison pluvieuse. Cela s’explique par la température : les eaux plus froides favorisent une meilleure dissolution de l’oxygène. En saison chaude, l’OD varie peu, probablement en raison d’une photosynthèse plus active. Selon Villeneuve et al. (2006) et Kouassi et al. (2007), les taux d’OD dépendent du vent, de la photosynthèse, de la vitesse du courant et de la présence de dépôts réducteurs. En saison pluvieuse, l’OD chute à des niveaux critiques (min. 1,5 mg/L), indiquant un risque d’anoxie pouvant entraîner la mortalité d’espèces. Cette baisse est sans doute liée à une charge organique élevée (ammonium, phosphore) et à une respiration bactérienne accrue. Des valeurs similaires ont été observées par Dimon et al. (2014) sur le lac Ahémé (Bénin) et par Hyangya et al. (2021) sur le littoral du lac Kivu. L’OD optimal pour la majorité des poissons et invertébrés est > 5 mg/L (USEPA, 1986 ; WHO, 2017).

En saison froide, la conductivité est plus basse et plus variable, suggérant une dilution ou des influences hydrologiques diverses. La baisse des températures peut aussi réduire la dissolution des sels minéraux. En saisons chaude et pluvieuse, la conductivité est plus élevée et stable, indiquant une minéralisation accrue par évaporation ou apports externes. Une conductivité > 1500 µS/cm devient problématique, affectant les échanges osmotiques (Monney et al., 2016). Ici, la zone reste modérément minéralisée. La conductivité et les solides dissous totaux (TDS) sont influencés par les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) et carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), qui augmentent en saison chaude à cause

de l'évaporation. Cormier et al. (2018) et Stober et al. (2023) indiquent que ces variations dépendent des précipitations, de l'évaporation et du substrat traversé. Selon Hade (2003), la géologie, la température, les débits et les apports anthropiques jouent aussi un rôle. Les valeurs de la CE obtenues (625–758  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) dépassent celles des rivières du Nigeria (150–400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), par Bello et al. (2023) et celles obtenues sur le fleuve Niger à Bamako (200–600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) par Sangaré et al. (2024), mais sont comparables à celles rapportées à Guidimouni (600–800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) par Bouba et al. (2020).

Les concentrations en chlorures et sulfates restent inférieures aux seuils de bon état chimique (150 mg/L pour  $\text{Cl}^-$ , 120 mg/L pour  $\text{SO}_4^{2-}$ ) (I.B.G.E, 2005). Leur présence provient souvent de la dissolution de dépôts salins (Bhoyer, 2021). Des niveaux élevés peuvent indiquer une contamination anthropique (Gul et al., 2021). La moyenne de chlorures est plus élevée en saison pluvieuse, suggérant un ruissellement contaminé.

Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), issus de la nitrification de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), sont naturellement présents (Chaussée, 2003). Les faibles concentrations de  $\text{NO}_3^-$  montrent une pollution limitée, la valeur seuil étant à 2 mg/L (AGRBC, 2011). Les moyennes des concentrations (1,7–1,8 mg/L) en  $\text{NO}_3^-$  sont inférieures aux teneurs observées par Sangaré et al., 2024 qui ont trouvés jusqu'à 6 mg/L et celles de Bello et al. (2023). Les  $\text{NO}_2^-$  indiquent une pollution organique pas complètement oxydée, Les teneurs (1,8–3 mg/L) du  $\text{NO}_2^-$  sont nettement plus élevées que celles rapportées au lac Tchad (<0,5 mg/L ; Akan et al., 2012) ; elles sont également plus élevées que la norme de 1 mg/L (AGRBC, 2011). La hausse de  $\text{NH}_4^+$  (1,9 – 2,9 mg/L) en saisons chaude et pluvieuse pourrait indiquer une forte décomposition organique ou un apport d'eaux usées. Ces concentrations sont largement supérieures aux valeurs courantes dans les écosystèmes naturels (<0,5 mg/L ; Chapman, 1996) et à celles trouvées dans le Niger à Bamako (<1 mg/L ; Sangaré et al., 2024). Ces valeurs se situent dans une classe de qualité médiocre à mauvaise 2mg/L pour  $\text{NH}_4^+$  (I.B.G.E, 2005). Le  $\text{NH}_4^+$  n'est pas toxique en soi, mais peut se transformer en ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), gaz soluble et toxique (Koudénoukpo, 2017). Le phosphore est élevé toute l'année, signe d'une pollution persistante. De telles concentrations peuvent perturber les écosystèmes aquatiques, provoquer une asphyxie des poissons et entraîner une accumulation de matière organique. Le phosphore total, paramètre clé de la fertilisation aquatique, joue un rôle dans la croissance planctonique (Capo-Chichi et al., 2022). La hausse en saison pluvieuse (25 mg/L max) indique un apport agricole. Ces valeurs excèdent largement la limite admissible de 0,5 mg/L (Agblonon Houelome, 2016).

La pollution organique serait liée à la matière organique en décomposition, aux engrains azotés et phosphatés utilisés autour du lac. Ceux-ci s'infiltrent par ruissellement ou lixiviation. Les détergents domestiques sont

aussi une source de phosphates. Les troupeaux utilisant le lac pour l'abreuvement apportent des matières fécales, contribuant aux matières en suspension (MES). Bien que globalement acceptables, un pic de 80 mg/L a été noté, indiquant une forte turbidité. Cela peut limiter la lumière, entraver la photosynthèse, endommager les branchies des poissons, et nuire à leur respiration (US EPA, 1986). Les teneurs de MES moins élevées durant la période pluvieuse pourrait probablement être dues à une mise en suspension plus élevée accompagnée aussi à une diminution du niveau des eaux. Les moyennes de (59–70 mg/L) sont supérieures aux valeurs rapportées dans des réservoirs nigérians (20–40 mg/L ; Mustapha, 2009), mais inférieures aux pics observés dans le Niger en crue (>100 mg/L ; Sangaré et al., 2024).

Concernant la pollution métallique, les éléments traces métalliques (ETM) sont naturellement présents, mais leur concentration actuelle résulte surtout d'activités humaines (industrie, agriculture, transport). En milieu rural, les pesticides et engrains sont les principales sources des ETM (Ouattara et al., 2018). Les analyses montrent que les ETM sont généralement conformes aux normes, mais leur présence reste préoccupante pour la vie aquatique. Leur toxicité dépend du pH, de la température, de la salinité, de la matière organique et des ions présents, qui modifient leur solubilité, biodisponibilité et toxicité (Djeddi et al., 2018 ; Adesina, 2024). Les sédiments analysés du lac Guidimouni présentent un pH neutre, une texture limoneuse et une forte teneur en matière organique. Les valeurs de conductivités sont similaires à celles observées dans les sédiments d'eau douce ( $100 < \text{CE} < 1000$ ). Ces conditions sont favorables à la rétention des métaux (Atika, 2018).

En saison froide, la toxicité est réduite par un pH alcalin. En saisons chaude et pluvieuse, un pH plus neutre augmente la biodisponibilité, donc la toxicité, aggravée par les températures élevées. Le faible OD en saison pluvieuse accroît la toxicité du Pb, Cu et Cd. La présence de MES et sels minéraux réduit cette toxicité par adsorption. La dureté de l'eau ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) réduit également la toxicité des métaux lourds.

Les métaux lourds s'accumulent dans les organismes, causant des effets délétères comme la bioaccumulation et la bioamplification (Ouattara et al., 2021 ; Martinez-Haro et al., 2022). Cela présente un risque pour la santé humaine, notamment au lac Guidimouni, à vocation piscicole. Seul le plomb (Pb) dépasse les normes, cette concentration plus élevée du Pb pourrait s'expliquer par la dominance des activités agricoles par rapport aux autres types d'activité dans la zone. Le Pb peut être issu des pesticides organoplombés, probablement des produits contrefaçons utilisés par les producteurs comme signalé par Youchaou Tawaye et al. (2021). Il est absorbé par les branchies et la peau des poissons, s'accumule dans le foie, les reins et les os, provoque du stress oxydatif, altère le système nerveux et immunitaire (Chouahda et Soltani, 2009 ; Lee et al., 2019 ; Srivastav et al., 2024). Le fer

domine dans les deux compartiments, ce qui traduit son abondance naturelle et son rôle central dans les cycles biogéochimiques (Viollier et al., 2000). À l'opposé, le cadmium demeure le moins représenté, en raison d'un faible apport et d'une précipitation préférentielle sous forme de sulfures très insolubles (Di Toro et al., 1992). Le zinc se retrouve en proportion plus élevée dans les sédiments que dans l'eau. Bien que mobile en solution, il est efficacement piégé par la matière organique (Wang et al., 2023). Le cuivre, quant à lui, occupe une position intermédiaire : il reste partiellement mobile dans l'eau mais présente une forte affinité pour la matière organique (Singh et al., 2005). Le plomb montre un comportement particulier : sa proportion relativement élevée dans l'eau suggère des apports récents encore peu intégrés aux dépôts, mais il a tendance à s'accumuler progressivement dans les sédiments grâce à son adsorption sur les oxydes et carbonates (Huser et al., 2012).

## Conclusion

Cette étude visait à évaluer l'impact des pressions anthropiques sur la qualité de l'eau du lac Guidimouni, en s'appuyant sur l'analyse physico-chimique et la cartérisation de la pollution métallique. Les résultats montrent une variation saisonnière des paramètres étudiés. Certaines valeurs de ces paramètres obtenues, dépassent les normes. Ce qui prouve une dégradation des eaux du lac : pH très alcalin en saison froide, oxygène dissous très faible en saison pluvieuse, chlorures très élevés en saison froide et pluvieuse. Le lac Guidimouni est fortement menacé par l'eutrophisation, la pollution azotée et phosphorée. Sans actions correctives la biodiversité locale risque d'être gravement affectée, avec des mortalités des poissons et une détérioration plus accentuée de la qualité des eaux. Les eaux de ce lac présentent par ailleurs un début de pollution métallique qui en fonction des fluctuation des paramètres physico-chimiques, présenteraient une toxicité faible à modérée. Afin de préserver les usages que procure ce plan d'eau aux populations riveraines, il importe qu'une approche intégrée de la gestion de celle-ci et de son bassin versant soit instaurée pour sa protection et les organismes vivants qui y habitent.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier : Mr Addam M. du service communal de l'environnement pour les facilitations à l'accès du site, Mr Mamane Nassirou notre guide de terrain, le chef de département des sciences du sol de la Faculté d'Agronomie (Pr Tidjani Adamou) pour ses aides dans les analyses au laboratoire.

**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. Abboudi, A., Tabyaoui, H., El Hamichi, F., Benaabidate, L. & Lahrach A. (2014). Etude de la qualité physico chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou (Maroc). European Scientific Journal, vol. 10 (23). pp. 84-94.
2. Adesina P.F. (2024). Impacts of heavy metals on aquatic dwellers: a literature review. IntechOpen. DOI: 10.5272/intechopen.1008328
3. Ado Salifou A. M., (2015). Une économie stimulée par la frontière : l'exemple de Guidimouri dans le sud-est du Niger. International Journal of Innovation and Applied Studies. Vol.10(2). pp. 656-665.
4. Agblonon Houelome, T.M., Adandedjan, D., Chikou, A., Imorou Toko, I., Youssao, I. & Laleye, P. (2016). Caractérisation de la qualité physico-chimique des eaux de la rivière Alibori dans le bassin cotonnier du Bénin. Afrique Science. Vol 13(4). pp. 35 – 49. ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>
5. AGRBC., (2011). Arrêté du gouvernement de la Région Bruxelles-Capitale établissant des normes de qualités environnementales, des normes de qualité de base et des normes chimiques pour les eaux de surfaces, contre la pollution causée par certaines substances dangereuses et certains polluants. etaamb.openjustice.be
6. Akan, J. C., Abdulrahman, F. I., Sodipo, O. A., & Chiroma, Y. A. (2012). Physicochemical parameters in soil and vegetable samples from Gongulon agricultural site along the river Alau Dam, Borno State, Nigeria. Journal of Environmental Protection. Vol.(12). pp. 1428–1441.
7. Atika H. (2018). Détermination de quelques métaux lourds dans les sédiments. Impact sur l'environnement. Thèse en vue de l'obtention de diplôme de doctorat. Université Badji Mokhtar-Annaba/Algérie. pp. 165.
8. Aziz Q., Hajar H., Kaoutar H., Ilham S., El Hassania S. & Fadli M. (2016). Les Teneurs Métalliques Et Paramètres Physico Chimiques De L'eau Et Du Sédiment De Oued Beht, Au Niveau De Sidi Kacem Et De Oued R'dom Au Niveau De Sidi Slimane. European Scientific Journal, vol.12(24). pp. 1857 – 7881. doi: URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n24p186>.

9. Bassirou, M., 2017. Pratiques phytosanitaires par les producteurs maraîchers dans la commune de Guidimouni. Mémoire de licence, Faculté d'Agronomie université Abdoumoumouni de Niamey. pp.
10. Bello, O. S., Ibrahim, A. T., & Adeogun, A. O. (2023). Seasonal variation of physicochemical characteristics and nutrient status of some rivers in Southwestern Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol.195(5), 621.
11. Bhoyer, V. (2021). Physicochemical parameters and water quality of ambona lake. *World Journal of Pharmaceutical Research*. Vol.10 (13). pp.1750-1754.
12. Boillot C. (2008). Evaluation des risques écotoxicologiques liés aux rejets d'effluents hospitaliers dans les contributions à l'amélioration de la phase « caractérisation des effets ». Thèse pour l'obtention de grade de docteur en Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. pp. 313.
13. Bougon, N., Roubeix, V., Lepage, M., Ferréol, M., Danis, P., & Akopian, M. (2021). Vers une évaluation physico-chimique en cohérence avec la biologie des milieux aquatiques continentaux. *Sciences Eaux & Territoires*, (37), 48–53. <https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2021.4.09>
14. Capo-chichi, H.B.P., Adandedjan, D., Agblonon houelomet, M. & Laleye P. (2022). Physico-chimie et pollution organique du lac Nokoué au Sud du Bénin. *J. Appl. Biosci.* Vol. 170. pp.17752– 17774. <https://doi.org/10.35759/JABs.170.7>
15. Casado-Martinez, M.C., Molana-Leno, L., Grandjean, D., De Alencastro, L.F., Werner, I. & Ferrai, B.J.D. (2016). Impact des sédiments sur la qualité de l'eau, surveillance écotoxicologique de la qualité de la rivière. *Aqua et Gas*. Vol (4). pp. 56-63.
16. Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring* (2nd ed.). UNESCO/WHO/UNEP.
17. Chaussée, K. (2003). Nitrates / Nitrites. In : Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Institut National de Santé Publique du Québec. pp. 12.
18. Chouahda, S., Soltani N. (2009). Impact du cadmium et du halofenozide sur les indices métiques des femelles adultes d'un poisson Culiciphage *Gambusia affinis*, Sciences et technologie. C, Biotechnologies. Vol. 29 (9) pp. 9-14.
19. Cormier, S.M., Zheng, L., Suter, G.W., & Flaherty, C.M. (2018). Assessing back ground levels of specific conductivity using weight of evidence. *Science of the total environment*, 628-629. pp. 1637-1649.

20. Daniel, K.K., Bernard, Y.O. & Ladji, M. (2016). Contamination des sédiments d'une lagune tropicale par les éléments traces métalliques (As, Cd, Cr, Pb, Zn) : cas de la baie lagunaire de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Int.J.Pure.App.Boisci.* Vol 4(6). pp. 204-217.
21. Deviller, J., Squilbin, M. & Yourassowsky, C. (2005). Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement/Observatoire des données de l'Environnement. pp. 1-16.
22. Di Toro, D. M., Mahony, J. D., Hansen, D. J., Scott, K. J., Hicks, M. B., Mayr, S. M., & Redmond, M. S. (1992). Acid volatile sulfide predicts the acute toxicity of cadmium and nickel in sediments. *Environmental Science & Technology.* Vol. 26(1). pp. 96–101.
23. Dimon, F., Dovonou, F., Adjahossou, N., Chouti, W., Mama, D., Alassane, A. & Boukari M. (2014). Caractérisation physico-chimique du lac Ahémé (Sud Bénin) et mise en relief de la pollution des sédiments par le plomb, le zinc et l'arsenic. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.* Vol.037 pp. 36 – 42.
24. Djeddi, H., Nacereddine, S.K., Keddari, D. & Afri-mehennaoui F-Z. (2018). Teneurs des éléments traces métalliques Cu, Zn et Pb des sédiments du barrage Béni Haroun (Nord-Est de l'Algérie). *European Scientific Journal.* Vol. 14 (15). pp. 269-286.
25. Fagbenro, O.A. (2002). Tilapia: fish for trout. 32nd innogural lecture, Federal University of Technology, Akure, Nigeria. pp.77.
26. FDR. (2021). Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar pour le lac Madarounfa VIII.13 de la conférence des parties contractantes. pp.17.
27. Guéro Y., & Dan Lamso N., (2008). Etude pédologique, rapport final, dans le cadre du Projet petite hydraulique pour la sécurité alimentaire dans les régions de Zinder et Tahoua, (FAO). pp.71
28. Gul, S., Balkhi, M.H., Abubakr, A., Shah, T.H., Bhat, B.A., Bhat, F.A. and Javeed, H. (2021). A study on physico-chemical parameters of Manasbal Lake, Kashmir, India *The Pharma Innovation Journal.* Vol. 10 (9). pp. 554-559.
29. Hade A. 2003. *Nos Lacs. Les Connaitre pour Mieux les Protéger.* Editions Fides.
30. Huser, B. J., Köhler, S., Wilander, A., & Johansson, K. (2012). Lead reductions following the phasing-out of leaded gasoline in Sweden. *Environmental Science & Technology.* Vol. 45(2). pp. 284–291.
31. Hyangya, B. L., Riziki, J. W., Masilya, P. M., Zabene, F. Z., Alunga, G. L., Kaningini, B. M., & Kankonda A. B. (2021). Physico-chemical characterization of littoral water of Lake Kivu (Southern basin, Central Africa) and use of water quality index to assess their anthropogenic

- disturbances. World Water Policy. pp.1–28.  
<https://doi.org/10.1002/wwp2.12059>
32. I.B.G.E, (2005). Qualité physico-chimique et chimique des Observatoire eaux des de surface. Données de l'Environnement. Fiche de donnés, IBGE. pp.16.
33. IERE – Institute for Energy and Resource Efficiency (2021). How does temperature affect water quality? Disponible sur : <https://iere.org>
34. ISSA, M. (2010). Diagnostic et impacts du maraîchage dans la cuvette de Guidimouni, Mémoire de maîtrise géographie, FLSH, UAM de Niamey. pp. 71.
35. Kouassi, K.L, Goné, D.L. Meledje, N.H, Wognin, A.V & K. Aka K. (2007). Hydrologie et évolution spatio-temporelle des charges solides en suspension dans le lac du barrage hydroélectrique de Taabo (Côte d'Ivoire). European Journal of Scientific Research. Vol.18 (3). pp.464 – 478
36. Koudenoukpo, Z.C., Chikou, A., Adandedjan, D., Hazoume, R., Youssao, I., Mensah, G.A. & Laleye A.P. (2017). Caractérisation physico-chimique d'un système lotique en région tropicale : la rivière Sô au Sud Bénin, Afrique de l'Ouest. Journal of Applied Biosciences. Vol. (113) pp. 11111-11122.
37. Lee, J-W., Choi, H., Hwang, U-K., Kang, J-C., Kang, Y.J., Kim, K.I. & Kim J-H. (2019). Toxic effects of lead exposure on bioaccumulation, oxidative stress, neurotoxicity, and immune response in fish: A review. Environmental toxicology and Pharmacology. Vol. 68. pp. 101-108.
38. Lozo, R.N., Berté S., Ouattara, N.I. & Kouamélan, E.P. (2019). Variation spatio-saisonnière des paramètres physico-chimiques des eaux du fleuve Bandama (Côte d'Ivoire), Reb-Pasres. Vol. 4 (1) pp. 34 – 43
39. Mama, D., Aina, M., Alassane, A., Boukari, O.T., Chouti, W., Deluchat, V., Bowen, J., Afouda, A. & Baudu, M. (2011). Caractérisation physico-chimique et évaluation du risque d'eutrophisation du lac Nokoué (Bénin) Int. J. Biol. Chem. Sci. Vol. 5(5). pp. 2076-2093 DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i5.29>
40. Mamane-Nasser, D.S. (2019). Variations physico-chimiques, usages des eaux des lacs et dynamique d'occupation du sol à Guidimouni (Sud Zinder). Mémoire de fin de cycle Présenté pour obtenir le diplôme de Master Intégré en Sciences de L'Environnement, gestion Des ressources naturelles et développement durable (Mise), Faculté des sciences et Techniques/Université Abdou Moumouni de Niamey. pp.43.

41. Martinez-Haro, M., Acevedo, P., Pais-Costa, A.J., Neto, J.M., Vieira, L.R., Ospina-Alvarez, N., Taggart, M.A., Guilhermino, L., Ribeiro, R. & Marques J.C. (2022). Ecotoxicological tools in support of the aims of the European Water Framework Directive: A step towards a more holistic ecosystem-based approach. *Ecological Indicators*. Vol. 145 (109645). pp. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109645>
42. Millogo, C., Bakouan, C., Sawadogo, S. & Nakolendousse, S. (2020). Cractérisation physico-chimique des eaux de surface et des altérites du bassin versant du lac Bam, Centre Nord du Burkina Faso. *Afrique Science*. vol. 17(5). pp. 137-150.
43. Ministère de l'Hydraulique, de l'Environnement et de la Lutte Contre la Désertification du Niger. (2006). Diagnostic sur la gestion des zones humides du Niger. Rapport final. pp., p. 35.
44. Monney, A.I., Issa, N.O., Raphaël, N.E., Maryse, N. A., Mamadou, B. & Tidiani K. (2016). Distribution du zooplancton en relation avec les caractéristiques environnementales de quatre rivières côtières du Sud-est de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'ouest). *Journal of Applied Biosciences*. Vol. 98. pp. 9344-9353. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v98i.1.10>.
45. Moussa, A.B., Chahlaoui, A. & Rour, E.I.H. (2012). Evaluation de la pollution physico-chimique des eaux de l'Oued Khoumane (Moulay Idriss Zerhoun, Maroc). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* Vol.6(6). pp.7096-7111. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i6.44>
46. Mustapha, M. K. (2009). Assessment of the water quality of Oyun Reservoir, Offa, Nigeria, using selected physicochemical parameters. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 9(1). pp.123–130.
47. Olufayo, M.O. (2009) Hematological Characteristics of *Clarias gariepinus* Juveniles Exposed to *Derris Elliptica* Root Powder. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*. Vol. 9. pp. 920-933.
48. Ouattara, A.A., Sangaré, N., N'Goran, K.P.A., Yao, K.M., Trokourey, A. & Diaco, T. (2021). Evaluation de la contamination des éléments traces métalliques dans les sédiments de la rivière N'zi Côte d'ivoire. *Int.Biol.Chem.Sci.* Vol.15(5). pp. 2199-2208.
49. Ouattara, A.A., Yao, K.M., Soro, M.P., Diaco, T. & Trokourey, A. (2018). Arsenic and trace metals in three west Africans rivers : Concentrations, Partitioning and distribution in particle-size fractions. *Archives of Environmental contamination and Toxicology*. Vol.7(3). pp.449-463.
50. Robinson, H. (1922). A method for the mechanical analysis of soils. *Journal of Agriculture Science*. Vol.12. (2). pp. 53-61.

51. Rodier, J. (2009). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, résiduaires, eau de mer (9<sup>e</sup> éd.) Dunod.
52. Romero-Mujalli, G., Hartmann, J., & Borker, J. (2019). Temperature and CO<sub>2</sub> dependency of global carbonate alkalinity in rivers. *Chemical geology*. Vol. 5(17). pp. 1-17.
53. Sandao, I. (2013). Etudes hydrodynamique, hydro-chimique et Isotopique des eaux souterraines du bassin versant de la korama Sud Zinder, Niger : Impacts de la variabilité climatique et des activités anthropiques. Thèse de doctorat de l'université Abdou Moumouni. pp.179
54. Sangaré, Y., Coulibaly, M., Kéita, A., & Doumbia, L. (2024). Seasonal dynamics of water quality in the Niger River at Bamako (Mali): Implications for aquatic ecosystems. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol.31(7). pp. 8775–8787.
55. Seydou, S. (2021). FDR (Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar). Catégories approuvées dans la recommandation 4.7 modifiée par la résolution VIII.13 de la conférence des parties contractantes. pp.12.
56. Singh, S. P., Ma, L. Q., & Tack, F. M. G. (2005). Copper-induced changes in metal partitioning and bioavailability in soils. *Environmental Pollution*. Vol. 138(3). pp.524–533.
57. Soro, T.A., Silué, K.D., Gogbé, Z.M., Gooré, B.I.G. & Coulibaly L (2021). Paramètres physico-chimiques des eaux du bassin du Haut Bandama (Côte d'Ivoire). *Revue des Sciences et de la Technologie*. Vol. 27(1). pp. 33-48.
58. Srivastav, A., Srivastav, S.K. & Upadhyay R.K. (2024). Physiological and behavioral effects of lead poisoning in aquatic and marine animals: a review. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. Vol. 13(6) pp.171-185.
59. Stober, F., Caballero-Ledermann A. & Van Geldern, R. (2023). From freshwater inflows to salt lakes : Geochemical enrichment, ground water pollution by oil and gas production an evaporite deposits. *HydroRsearch*. 45, 100158.
60. Tfeil, H., Mahfoudh, M., Mhamed, B.A.M., Aliyen, A., Yarba, L. & Hmeyada, A.M.V. (2018). Caractérisation Physico-Chimique Des Eaux De Surface Et Étude De La Diversité Ichtyologique De Quelques Zones Humides Continentales En Mauritanie. *European Scientific Journal*. vol .14(6). pp. : 83-103.  
URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n6p83>
61. Tidjani A.D., (2008). Erosion éolienne dans le Damagaram Est (sud-est du Niger) Paramétrisation, quantification et moyens de lutte. Thèse de doctorat de l'Université catholique de Louvain. pp.171.

62. USEPA (2003). Developing waterquality criteria for suspended and bedded sediment (SABBS), US EPA/Office of water/ Office of science and technology. pp.59.
63. USEPA. (1986). Quality Criteria for Water. United States Environmental Protection Agency. Washington, D.C.
64. Villeneuve, V. Legare, S. Painchaud, J. & Vincent, W. (2006). Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière. *Revue des Sciences de l'eau*. Vol. 19 (4). pp.259 – 2274.
65. Viollier, E., Inglett, P. W., Hunter, K., Roychoudhury, A. N., & Van Cappellen, P. (2000). The ferrozine method revisited: Fe(II)/Fe(III) determination in natural waters. *Applied Geochemistry*. Vol.15(6). pp. 785–790.
66. Walkley, A. & Black I.A. (1934). An examination of Degt jareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chronic acid titration method. *Soil Science*. Vol.37. (1). pp. 29-38.
67. Wang, Y., Zhang, L., Li, M., & Liu, H. (2023). Partitioning behavior and environmental risks of trace metals in sediments. *Hydrology*. Vol.10(2). pp. 51.
68. WHO. (2017). Guidelines for drinking-water quality (4th ed.). World Health Organisation
69. Wine, M.L., Rimne, A. & Laronne, J.B. (2019). Hydrologic effects of human induced land degradation and climate change in the lake Kinnret Basin, Israel. *Earth's Future*, Vol.7. (11). pp. 1253-1271.
70. Youchaou Tawaye, A., Alhou, B. & Adamou, A.E.S. (2021). Niveau de contamination aux pesticides et risques écotoxicologiques dans deux écosystèmes aquatiques au Niger : Lac Guidimouni et mare de Tabalak. *Afrique SCIENCE*. Vol .18 (2). pp. 1 – 13

## Perception communautaire, production ligneuse et variabilité morphologique des semences d'*Acacia mangium* Willd. au Sénégal

***Adja Madjiguene Diallo***

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Centre National de Recherches Agricoles (ISRA/CNRF), Route des Pères Maristes, Dakar, Sénégal

***Khady Diedhiou***

Université Cheikh Anta DIOP de Dakar,  
Département de Biologie Végétale, Fann, Dakar, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n27p148](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p148)

---

Submitted: 10 July 2025

Copyright 2025 Author(s)

Accepted: 11 September 2025

Under Creative Commons CC-BY 4.0

Published: 30 September 2025

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Diallo, A.M. & Diedhiou, K. (2025). *Perception communautaire, production ligneuse et variabilité morphologique des semences d'Acacia mangium Willd. au Sénégal*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (27), 148. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p148>

---

### Résumé

La demande croissante en bois au Sénégal accroît la pression sur les formations naturelles, d'où l'intérêt de promouvoir la culture d'espèces à croissance rapide comme *Acacia mangium*. Cette étude évalue la perception communautaire, la croissance ligneuse et la variabilité morphologique des semences dans deux plantations : Tao (27 ans) et Diakène (9 ans). Les enquêtes révèlent que seuls 46 % des populations connaissent l'espèce, principalement utilisée comme bois d'énergie (64 %) et bois d'œuvre (27 %). Les individus de Tao présentent des performances dendrométriques supérieures : diamètre moyen de 0,47 m contre 0,22 m à Diakène, houppier de 10,85 m contre 5,92 m et hauteur de 19,98 m contre 16,43 m. En revanche, les graines de Diakène sont significativement plus grandes (+7 % en longueur et +6 % en largeur) que celles de Tao (4,40 mm × 2,69 mm contre 4,08 mm × 2,54 mm). Une corrélation négative a été observée entre le volume de bois et la longueur des graines ( $r = -0,58$ ). Ces résultats mettent en évidence un compromis entre croissance ligneuse et production de semences et soulignent la nécessité de sélectionner les semenciers en fonction des objectifs de reboisement, tout en renforçant la sensibilisation des communautés locales.

---

**Mots-clés:** *Acacia mangium*, croissance, volume bois, semences, Sénégal

---

## **Community Perception, Wood Production, and Morphological Variability of *Acacia mangium* Willd. Seeds in Senegal**

***Adja Madjiguene Diallo***

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Centre National de Recherches Agricoles (ISRA/CNRF), Route des Pères Maristes, Dakar, Sénégal

***Khady Diedhiou***

Université Cheikh Anta DIOP de Dakar,  
Département de Biologie Végétale, Fann, Dakar, Sénégal

---

### **Abstract**

The increasing market demand for wood in Senegal has a severe impact on natural forests, resulting in significant habitat and biodiversity loss. Thus, to overcome this trend of degradation, promoting plantations of fast-growing tree species such as *Acacia mangium* Willd is critically needed to ensure the long-term sustainability of the natural resources. This study assessed community perception, wood production, and seed morphological variability in two plantations: Tao (27 years old) and Diakène (9 years old). Surveys revealed that only 46 % of respondents were familiar with the species, mainly used for fuelwood (64 %) and timber for handicrafts (27 %). Growth measurements indicated significantly higher performances at Tao: mean diameter of 0.47 m versus 0.22 m at Diakène, crown width of 10.85 m versus 5.92 m, and total height of 19.98 m versus 16.43 m. Conversely, seeds from the Diakène plot were larger (+7 % in length and +6 % in width), with mean dimensions of 4.40 mm × 2.69 mm compared to 4.08 mm × 2.54 mm at Tao. A negative correlation was observed between wood volume and seed length ( $r = -0.58$ ). These results highlight a trade-off between wood production and seed size, underlining the need to select seed trees according to reforestation objectives and to strengthen community awareness for better valorization of the species.

---

**Keywords:** *Acacia mangium*, growth, timber production, seed variability, Senegal

## Introduction

Les écosystèmes forestiers fournissent d'importants apports directs et indirects aux économies nationales ainsi qu'au bien-être humain (FAO, 2016). Cette importance est surtout accentuée dans les pays en voie de développement où les écosystèmes naturels constituent un véritable moteur du développement socio-économique. Il a été rapporté que plus de 62 % de la population rurale africaine dépend de ces écosystèmes pour son alimentation, son eau, son énergie, sa santé et ses moyens de subsistance (Mansourian et Berrahmouni, 2021).

Le bois représente pour ces pays en développement la source principale d'énergie domestique utilisée par les populations. Le cas du Sénégal en est un exemple où les forêts contribuent à la subsistance en milieu rural et interviennent pour une grande part dans l'économie du pays (Boye, 2000). L'estimation des ressources forestières n'est guère aisée car il n'existe pas d'inventaires actualisés des formations forestières. Cependant, selon le dernier rapport de la FAO sur l'évaluation des ressources forestières mondiale (FRA, 2020) le domaine forestier du Sénégal est estimé à 13 140 220 ha dont 8 068 160 ha de forêts naturelles et le reste est classé dans la catégorie des « autres terres boisées » (savanes et steppes arbustives) avec un faible potentiel ligneux par ha). Bien que le rôle du secteur forestier soit reconnu comme essentiel dans le développement économique du pays (fourniture de plus de la moitié des besoins énergétiques, source de divers produits non ligneux), sa part dans l'économie ne dépasserait pas 1 % du PIB et 5 % du secteur primaire (ANSD, 2017). Cette sous-estimation s'explique par le fait que les statistiques officielles ne prennent en compte que le tiers environ de la production réelle du secteur forestier, car les deux tiers restants échappent encore au contrôle (Guèye, 2000). La contribution du secteur des produits forestiers ligneux (PFL) estimée à 102,5 milliards de FCFA est essentiellement destiné à un usage énergétique et dans une moindre mesure à l'artisanat. Selon le rapport annuel du ministère du pétrole et des énergies de 2019, le bois-énergie et le charbon de bois, représentent la principale source d'approvisionnement en énergie pour les ménages sénégalais et la production de charbon de bois rapporterait à l'État près de 20 milliards de francs CFA par an (IPAR, 2015 ; [https://www.energie.gouv.sn/wp-content/uploads/2023/02/RAPPORT-ANNUEL-2019-MPE\\_vf.pdf](https://www.energie.gouv.sn/wp-content/uploads/2023/02/RAPPORT-ANNUEL-2019-MPE_vf.pdf)) et 20000 emplois.

La production locale de bois d'œuvre, concentrée dans le sud et le sud-est du pays (Ziguinchor, Kolda, Sédiou et Tambacounda), demeure insuffisante pour répondre à la demande nationale (Gueye, 2000). L'essor simultané du bois d'énergie et du bois d'œuvre, conjugué à la croissance démographique, a accentué la pression sur les formations forestières sénégalaises (ANSD, 2018). En effet, le marché national du charbon de bois est passé de 50 000 tonnes en 2013 à 250 000 tonnes en 2015 (ANSD, 2018),

soit une augmentation de 20%, atteignant ainsi une valeur de 28,8 milliards de FCFA en 2017 contre 25,7 milliards en 2014, soit une hausse de 7,7%. Ce qui témoigne de la forte pression que subissent les formations forestières sénégalaises causée entre autres par des coupes abusives, le trafic de bois et les feux de brousse (CSE, 2018), entraînant un taux de régression des forêts à 10.000 ha/ an (FRA, 2020).

Pour répondre à la demande croissante en bois d'énergie et d'œuvre, il est indispensable de réduire la pression exercée sur les formations naturelles. La promotion de plantations d'espèces locales et exotiques à croissance rapide (Acacia, Eucalyptus, Pinus, Tectona, Pterocarpus) constitue une stratégie essentielle pour préserver la durabilité des forêts sénégalaises. C'est dans cette optique que le Centre National de Recherches Forestières de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles a initié en 1988, à l'image des pays de la sous-région comme le Bénin et la Côte d'Ivoire des activités de reboisement d'espèces exotiques à croissance rapide pour restaurer les sols marginaux (ISRA, 1989). Ces actions ont abouti à l'introduction de *A. mangium* en basse Casamance sous forme de plantations ou de haies vives défensives. *A. mangium*, est une espèce à usages multiples, reconnue mondialement pour la qualité de son bois qui est utilisé comme bois de chauffe (pouvoir calorifique de 4 800 à 4 900 kcal/kg) (Sein et Mitlöhner, 2011) ou bois d'œuvre (Gnahoua et Louppe, 2003). Elle est également plantée pour ses propriétés bénéfiques sur la fertilité du sol, en particulier sa capacité à établir une relation symbiotique avec des bactéries qui fixent l'azote atmosphérique (Krisnawati et al., 2011).

Dès lors, l'objectif de cette étude est de contribuer à l'amélioration des connaissances sur *A. mangium* en vue de sa promotion pour la satisfaction des besoins en énergie domestique/bois d'œuvre au Sénégal. Spécifiquement, il s'agit de : *i*) évaluer le niveau de connaissance de l'espèce ainsi que sa valeur économique et environnementale dans les zones d'introduction et *ii*) caractériser la performance en termes de croissance et volume de bois produit et la variabilité morphologique des semences de deux plantations d'*A. mangium* d'âges différents. L'étude repose sur trois hypothèses : *i*) *A. mangium* présenterait un fort intérêt socio-économique et environnemental qui demeure méconnue des populations en basse Casamance, ; *ii*) la croissance et la production de bois (volume de bois) sont fortement corrélées à l'âge et au site; *iii*) il existe une variabilité morpho-métrique au niveau des semences dans les plantations d'*A. mangium* au Sénégal.

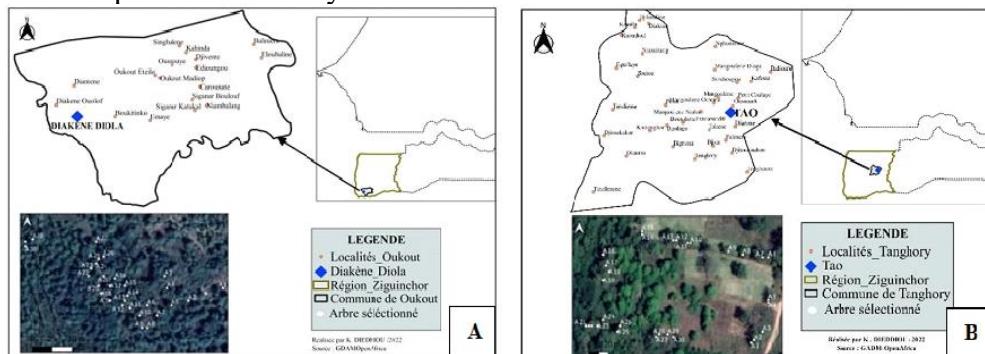
## Matériel et méthodes

### Description de la zone agroécologique

L'étude a été conduite dans la zone agroécologique de la basse Casamance plus précisément dans le département d'Oussouye et le

département de Bignona, situe dans la région administrative de Ziguinchor située au sud du pays (Fig. 1).

Cette zone agroécologique est caractérisée par un relief plat dans son ensemble avec des sols de type sablo-argileux sur le plateau et argileux dans les bas-fonds. La végétation de Diakène Diola est constituée d'une strate arborée dense avec une part importante de forêts (Coly, 2018) alors que celle de Tao est caractérisée par une savane arborée plus ou moins dégradée (PLD, 2009). Le climat est globalement de type soudano-guinéen, caractérisé par une saison des pluies qui démarre généralement au mois de Juin pour s'estomper en Octobre (5 mois) et une saison sèche plus longue allant de Novembre à Mai. La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 1300 mm.



**Figure 1.** Carte de localisation des sites d'étude à Diakène Diola (A) et à Tao (B)

## Enquête de perception sur la valeur socio-économique et environnementale de *A. mangium* au Sénégal

Pour apprécier le niveau de connaissance de l'espèce, sa valeur socio-économique et environnementale en basse Casamance, une enquête de perception a été menée dans les zones d'introduction de l'espèce. Ainsi sur la base de la présence de l'espèce et des discussions entreprises avec l'Agence Sénégalaise de la Reforestation et de la Grande Muraille Verte (ASERGMV) cinq (5) villages ont été choisis dans le département d'Oussouye et quatre (4) dans le département de Bignona soit un total de neuf (9) villages (Tableau 1). Les informations ont été recueillies à travers des entretiens directs auprès de 120 personnes ressources (personnes ayant participé au projet d'introduction de l'espèce, propriétaires de plantation et exploitants). A l'entame des enquêtes, des images et un échantillon de semences de l'espèce ont été présentés pour s'assurer de sa reconnaissance par les enquêtés. Le questionnaire comportait plusieurs parties notamment *(i)* les informations socioéconomiques des enquêtés, *(ii)* les raisons de l'introduction de l'espèce ; *(iii)* le niveau de connaissance de l'espèce ainsi que son utilisation ; *iv)* les parties de l'arbre utilisées et le mode d'usage; *v)* la valeur économique en termes de revenus générés par l'exploitation des produits et sous-produits de l'espèce et potentiel

de valorisation de ces produits et *vi)* la valeur environnementale/écologique (i.e. action sur la fertilité du sol, les facteurs de dissémination et éventuelles contraintes liées à la présence de l'espèce).

**Tableau 1 : Nombre de personne enquêtées par village et par département**

Départements	Villages	Nombre de personnes enquêtées
Oussouye	Diakène Diola	10
	Oukout	5
	Boukitingo	18
	Boucotte Djimbéring	13
Bignona	Diantène	9
	Tao	15
	Falméré	18
	Francounda	12
	Tendouck	20
	<b>Total</b>	<b>120</b>

### Evaluation des paramètres de croissance dans les deux plantations

L'évaluation des paramètres de croissance a été effectuée dans deux plantations situées respectivement dans le village de Diakène Diola (latitude 12°27'39,8" Nord, longitude 16°37'14,0" Ouest) appartenant au département d'Oussouye et le village de Tao (latitude 12°50'49,6" Nord, longitude 16°10'43,5" Ouest) appartenant au département de Bignona (Figure 1). La plantation d'*A. mangium* du village de Tao comporte des individus âgés de 27 ans plantés sous forme de haie vive autour d'une plantation de manguiers et de culture maraîchère de 2,19 ha. Par contre à Diakène, la plantation d'*A. mangium* est âgée de 9 ans où les individus sont en association avec d'autres espèces ligneuses telles que *Eucalyptus camaldulensis*, *Anacardium occidentale*, *Saba senegalensis*, *Guiera senegalensis*, *Acacia auriculiformis*, *Anona senegalensis*, *Macadamia integrifolia*, *Elaeis guineensis*.

Dans chaque plantation, un échantillon de 30 arbres distants de 100 m a été sélectionné au hasard pour l'évaluation des paramètres de croissance et la caractérisation morphologique des semences. Cette distance entre les arbres a été retenue afin de maximiser la diversité génétique de l'échantillon et de réduire le risque de sélectionner des individus étroitement apparentés (phénomène de consanguinité) (Dawson et Were, 1997). L'évaluation de la croissance a porté sur la hauteur (mesurée au clinomètre laser), le diamètre à 1,30 m du sol (mesuré au compas forestier), ainsi que la largeur du houppier et la longueur du fût (mesurées au ruban-mètre).

Le volume total de chaque arbre, exprimé en m<sup>3</sup>/ha, a été calculé à l'aide de la formule de Mayola et al. (2023) :

$$V_p = (10^{-4} / 12\pi) * [(CHP_p)^2 * Hm] * 1111$$

Où  $V_p$  = volume moyen des arbres en  $m^3$  par hectare ;  $CHP_p$  = la circonférence moyenne à la hauteur de la poitrine en m ;  $H_m$  = hauteur de l'arbre en m.

L'accroissement moyen du volume (AMV), exprimé en  $m^3/ha/an$  a été obtenu en divisant le volume par l'âge de l'arbre.

$$AMV = V_p / \text{âge plantation}$$

Où  $V_p$  = volume moyen des arbres en  $m^3$  par hectare

### Caractérisation morphologique des semences

Pour chaque arbre, un lot de gousses a été collecté et acheminé au laboratoire National de Recherches sur les semences forestières du CNRF. Après décorticage, un échantillon composé de 25 graines par arbre choisi au hasard a été constitué. Pour chaque graine, la longueur, la largeur et l'épaisseur ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse (Plage de mesure maximum 200 mm ; précision  $\pm 0,02$  mm sur la plage 0 à 100 mm).

### Analyses des données

Une analyse descriptive des données obtenues des enquêtes a été menée sur Excel. En revanche, l'analyse des données de croissance et dimensions des semences ont été soumises à une analyse de variance qui a été réalisée à l'aide du logiciel R version 4.4.3 Core Team 2017 suivant le modèle statistique :

$$Y_{ij} = \mu + S_i + error_{ij}$$

where  $Y_{ij}$  is the valeur moyenne du caractère (hauteur, diamètre, houppier, longueur fut, volume, dimensions des graines),  $\mu$  est la moyenne générale,  $S_i$  est l'effet du site  $i$  sur le caractère (étant donné que le site et l'âge sont deux facteurs imbriqués),  $error_{ij}$  est l'erreur résiduelle.

De plus, la corrélation de Pearson a été utilisée pour déterminer le coefficient de corrélation entre les caractères étudiés.

Pour visualiser la relation entre les individus sélectionnés pour les caractères étudiés, une Analyse en Composante Principale (ACP) a été réalisée avec le logiciel susmentionné. La structuration des variables obtenu à partir de cette méthode permettra d'identifier les caractères qui expliquent à un niveau élevé les variabilités des individus suivant les sites.

## Résultats

### Profil des enquêtés, connaissances locales et usages de l'espèce

L'enquête a porté sur 120 personnes dont 82 % sont des hommes et 18 % des femmes. La majorité des répondants (85 %) sont des agriculteurs avec un faible niveau de scolarisation (13 %). De plus, 96 % des enquêtés sont d'ethnie Diola, les 4% restants étant constitués de Sérères ou Wolofs. Malgré

sa présence dans la zone, seuls 46 % des enquêtés déclarent connaître l'espèce, ce qui confirme sa faible notoriété au sein des populations (Fig. 2).

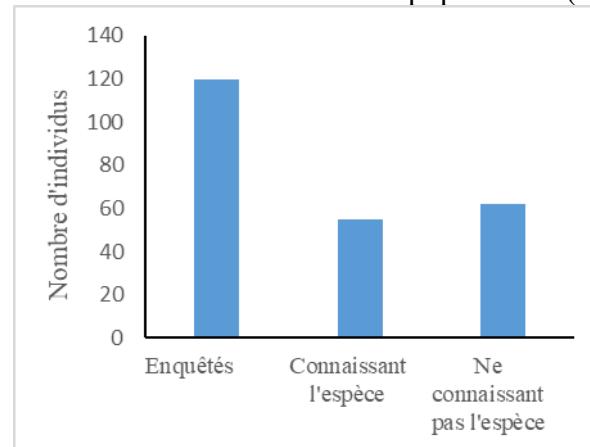
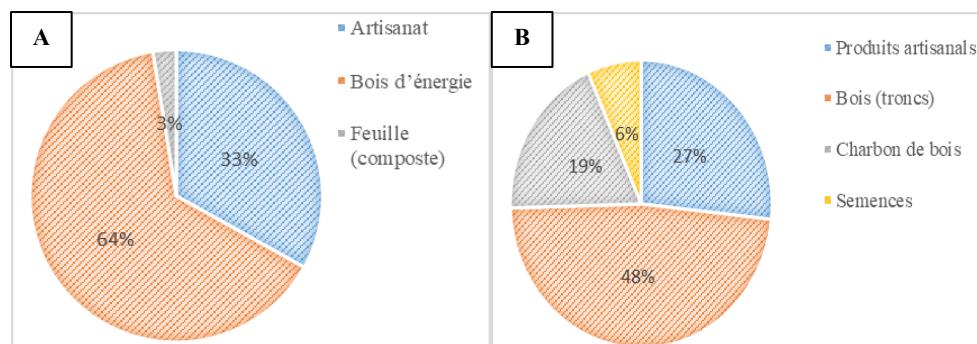


Figure 2. Niveau de connaissance de l'espèce

La plupart des plantations mises en place dans la zone sont dérivées des programmes d'introduction de l'espèce ou de restauration des terres. L'enquête a montré que seul 4 % des personnes enquêtées possèdent des plantations privées localisées dans les villages de Tendouck et Diakène Diola, indiquant ainsi que l'espèce est peu utilisée. En effet, les parties de l'arbre les plus utilisées sont le tronc et les branches avec 97 % des citations. Au total, les entretiens ont permis de comptabiliser trois usages différents notamment : bois d'œuvre (artisanat), bois d'énergie (charbon de bois) et les feuilles (compost). Le bois d'énergie est l'usage le plus fréquemment cité (64 %, Fig. 3A), tandis que le compost n'est mentionné que par 3 % des répondants.

Sur le plan économique, 44 % des répondants considèrent que l'espèce constitue une source de revenus. Les produits les plus cités sont le bois mort (48 %), le bois d'œuvre destiné à l'artisanat (27 %), et le bois de chauffe (19 %), généralement utilisé pour l'autoconsommation sous forme de charbon. La vente de semences reste marginale (6 %), principalement rapportée à Diakène Diola (Fig. 3B).

Du point de vue environnemental, il a été reconnu pour la majorité des répondants (96 %) qu'*A. mangium* n'est pas envahissant en termes de présence de jeunes pousses (régénération) et 56 % d'entre eux confirment qu'elle possède des propriétés fertilisantes. Par rapport à la production de litière, 78 % des enquêtés considèrent *A. mangium* comme une espèce à fort potentiel de litière. Les enquêtes ont également montré que l'arbre est généralement utilisé en agrosylviculture comme haie vive de délimitation (45 %) ou comme brise-vent (4 %).



**Figure 3.** A) Trois principaux usages d'*A. mangium* ;  
B) Produits et sous-produits commercialisés

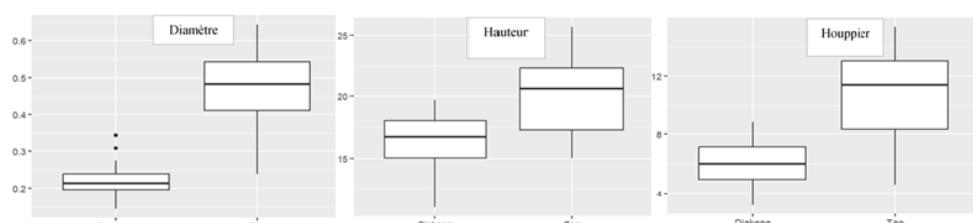
### Performance des plantations âgées de 9 et 27 ans

L'analyse de variance a montré un effet très significatif de l'âge/site sur la plupart des variables dendrométriques étudiées à l'exception de la longueur du fût et du port de l'arbre qui est généralement droit (Tableau 3). Les arbres de la plantation de Tao (27 ans) présentent des performances nettement supérieures à ceux de Diakène (9 ans) : diamètre moyen supérieur de 73 %, houppier plus large de 59 % et hauteur plus élevée de 19 %. Concrètement, les valeurs observées étaient de  $0,47 \text{ m} \pm 0,09$  ;  $10,85 \text{ m} \pm 2,94$  ; et  $19,98 \text{ m} \pm 3,06$  à Tao, contre  $0,22 \text{ m} \pm 0,044$  ;  $5,92 \text{ m} \pm 1,45$  ; et  $16,43 \text{ m} \pm 2,17$  à Diakène (Fig. 4).

**Tableau 3.** Test de significativité des paramètres de croissance et des dimensions des graines suivant les sites

Variables	Variation entre sites		
	F value	Pr >F	Moyenne $\pm$ ET
Hauteur (m)	26,76	2,99e-06	$18,21 \pm 3,18$
Diamètre (cm)	158,66	2,2e-16	$34,51 \pm 0,16$
Longueur fut (m)	2,83	0,09	$3,41 \pm 2,09$
Houppier (m)	67,71	2,54e-11	$8,39 \pm 3,39$
Volume (m <sup>3</sup> )	84,63	6,22e-13	$1148,21 \pm 130,98$
AMV (m <sup>3</sup> /an)	17,45	0,0001	$7,27 \pm 4,03$
Longueur graines (mm)	18,37	6,94e-05	$4,24 \pm 0,33$
Largeur graines (mm)	6,33	0,01	$2,62 \pm 0,24$
Epaisseur graines (mm)	0,94	0,33	$1,57 \pm 0,11$

AMV : accroissement moyen annuel; ET : Erreur Type



**Figure 4.** Performance des individus suivant les sites

## Productivité des plantations de Diakène et Tao

L'analyse de variance portée sur les variables volume de bois produit et accroissement moyen annuel en volume a permis d'observer une différence significative selon les plantations et les âges (Tableau 4). En effet, le volume moyen de bois produit à Diakène était de  $48,15 \text{ m}^3 \pm 23,25$  versus  $248,26 \text{ m}^3 \pm 116,85$  pour Tao, correspondant à un accroissement moyen de  $5,35 \text{ m}^3/\text{an} \pm 2,58$  versus  $9,19 \text{ m}^3/\text{an} \pm 4,33$  respectivement (Tableau 4).

Tableau 4. Productivité des plantations d'*A. mangium* suivant les sites

Variables	Variation entre sites		Moyenne $\pm$ ET	
	F value	Pr > F	Diakène	Tao
Volume ( $\text{m}^3$ )	84,63	6,22e-13	$48,15 \pm 23,25$	$5,35 \pm 2,58$
AMV ( $\text{m}^3/\text{an}$ )	17,45	0,0001	$5,35 \pm 2,58$	$9,19 \pm 4,33$

AMV : Accroissement moyen du volume par an ; ET: Erreur Type

## Caractérisation morphologique des graines

L'analyse de la morphologie des graines a montré que les variables longueur et largeur sont fortement dépendantes du site, contrairement à la variable épaisseur (Tableau 3). Contrairement aux paramètres de croissance, les graines de la plantation de Diakène Diola (9 ans) sont significativement plus longues (+7 %) et plus larges (+6 %) que celles de Tao (27 ans). Les dimensions moyennes étaient respectivement de  $4,4 \text{ mm} \pm 0,2$  et  $2,69 \text{ mm} \pm 0,21$  à Diakène, contre  $4,08 \text{ mm} \pm 0,35$  et  $2,54 \text{ mm} \pm 0,25$  à Tao (Fig. 5).

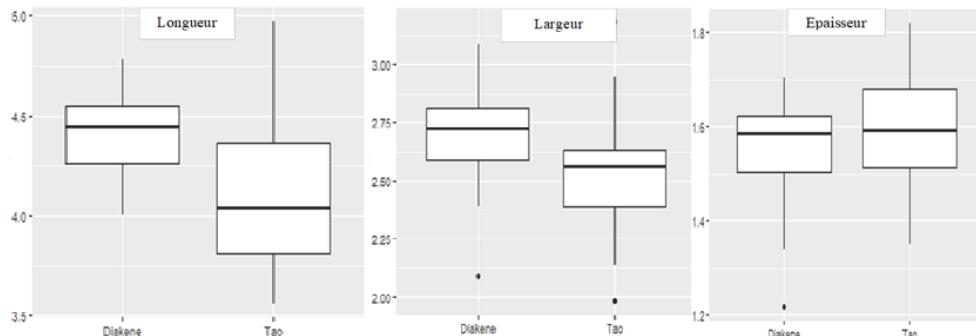
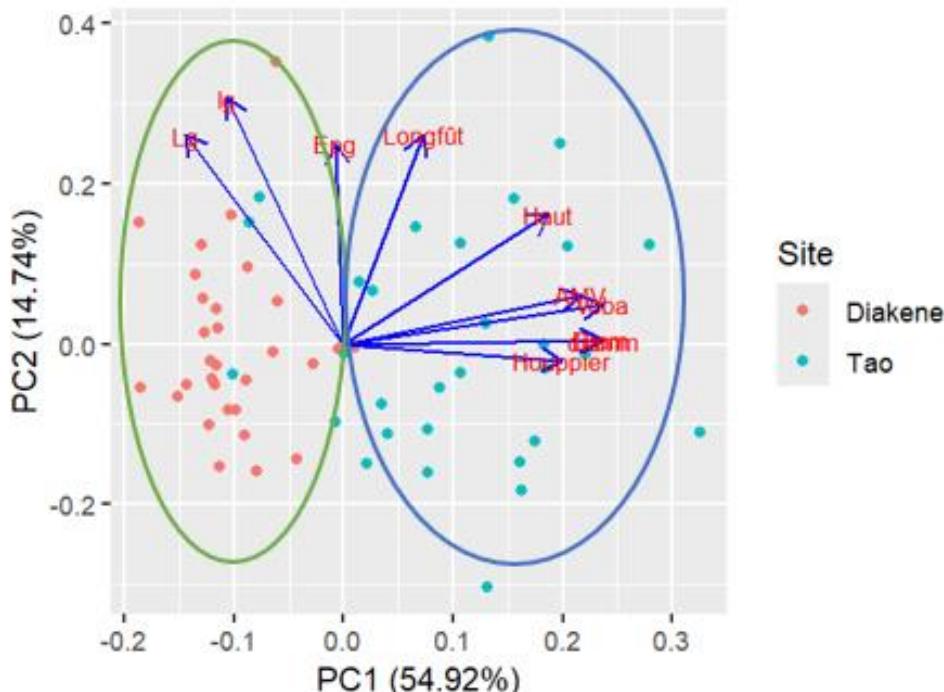


Figure 5. Dimensions des graines suivant les sites

## Typologie des individus en fonction des variables de croissance et de dimension des graines

L'analyse en composantes principales de 09 variables quantitatives a extrait deux composantes principales qui expliquent 70 % de la variabilité totale des individus présents dans les deux plantations étudiées. La première composante (axe 1) explique 55 % de cette variabilité et est définie par les variables liées à la croissance (hauteur, diamètre, houppier et volume bois). Le deuxième axe (axe 2) exprimant 15 % de la variabilité totale est définie par les variables liées aux dimensions des graines, spécifiquement la longueur et la

largeur (Fig. 6). Ces deux axes ont permis de discriminer les deux sites en deux groupes selon les paramètres de croissance et les dimensions des graines. Les arbres de la plantation de Tao en abscisse positive qui sont caractérisés par des paramètres de croissance plus élevées se distinguent de ceux de la plantation de Diakène en abscisse négative, caractérisés par des graines plus longues et plus larges.



**Figure 6.** Analyse en composantes principales des 60 individus des parcelles de Tao et Diakene dans la région de Casamance (Sénégal). Lg=longueur graine ; lg=largeur graine ; Epg : Epaisseur graine ; Haut : hauteur ; Voba : volume bois ; AMV : Accroissement moyen annuel ; Diam : diamètre ; Longfüt : longueur fut.

### Corrélation entre les variables étudiées

Les résultats de la corrélation de Pearson (Tableau 5) indiquent une forte corrélation entre les variables dendrométriques (hauteur, diamètre et houppier) et le volume et l'accroissement moyen annuel de bois comprise entre 0,73 à 1. A l'opposée, une corrélation modérée et négative a été observée entre la longueur des semences et les variables diamètre et volume,  $r = -0,58$  et  $-0,56$ , respectivement. L'épaisseur de la graine, quant à elle, n'est ni corrélée à la longueur ou largeur, par contre, les résultats ont montré une corrélation modérée ( $r = 0,54$ ) entre la longueur et la largeur des graines (Tableau 5).

**Tableau 5. Corrélation entre paramètres de croissances et dimensions des semences**

	Diamètre	Hauteur	Volume	AMV	Houppier	Longfût	Longueur graine	Largeur Graine
Hauteur	0,64							
Volume	<b>0,98</b>	<b>0,75</b>						
AMV	<b>0,86</b>	<b>0,75</b>	<b>0,88</b>					
Houppier	<b>0,73</b>	0,42	0,70	0,50				
Longfût	0,38	0,39	0,42	0,35	0,16			
Longueur graine	<b>-0,58</b>	-0,27	<b>-0,56</b>	-0,48	-0,45	-0,08		
Largeur graine	-0,40	-0,16	-0,38	-0,33	-0,32	-0,04	<b>0,54</b>	
Epaisseur graine	0,007	-0,03	0,001	-0,12	0,07	0,06	0,14	0,19

## Discussion

### Connaissances locales et usages

La présente étude est la première à évaluer le niveau de connaissances sur *A. mangium*, 30 ans après son introduction en Basse Casamance. Ainsi, l'enquête effectuée sur les 120 personnes dans les départements de Bignona et de Oussouye nous a permis d'appréhender la perception communautaire sur l'espèce. Seuls 4 % des enquêtés possèdent des plantations privées et connaissent les raisons de l'introduction de l'espèce, ce qui témoigne de sa faible appropriation par les populations malgré sa présence dans le paysage. Ce faible niveau de connaissance pourrait être expliqué par la non implication des populations et prise en compte de leurs besoins dans la mise en œuvre de la plupart des projets de reboisement dans les années 1990 (Sarr et al., 2021), constituant ainsi un frein à l'adoption de l'espèce. De plus, la plupart des programmes de reboisement au Sénégal et dans la sous-région (Côte d'Ivoire, Bénin), portait à l'époque essentiellement sur des essences forestières exotiques d'origines australiennes (*Eucalyptus sp*, *Acacia auriculiformis*, *A. mangium*) méconnues des populations locales et reconnues pour leur adaptation aux sols marginaux (Tandjiekpon & Dah-Dovonon 1999; Mayola et al., 2023). Par ailleurs, aucune activité de vulgarisation n'a été entreprise pour promouvoir les bénéfices environnementaux et économiques de l'espèce. Cette absence d'information a limité la connaissance et l'adoption d'*A. mangium* par les populations locales.

Sur les quatre potentialités de *A. mangium* décrites par Andry (2016) (économique, thérapeutique, alimentaire et écologique), seules deux ont été citées par les populations : il s'agit des potentialités économique et écologique. Ainsi, nos résultats ont montré que le bois constitue la partie la plus utilisée et représente le principal produit générateur de revenus grâce à la fourniture de charbon et bois de chauffe de très bonne qualité et à l'artisanat (bois d'œuvre) (planches, ameublement). Ces résultats corroborent ceux de Peltier et al. (1996), Andry (2016), Tonouéwa et al. (2019) et Theys (2022) qui ont rapporté que l'espèce est reconnue dans le monde grâce à sa potentialité élevée

à la production de la biomasse et son bois considéré comme un bon combustible avec une haute valeur calorifique (4800 - 4900 kcal/kg).

Sur le plan environnemental, l'action fertilisante de l'espèce a été rapportée par les populations du fait de son potentiel élevé en production de biomasse (litière), ce qui explique le choix de l'utilisation de ses feuilles pour le compostage. En effet, il a été reporté que *A. mangium* produisait une grande quantité de biomasse, 30 % supérieures à celles de *A. auriculiformis* estimée à 6 Mg/ha/an (Mayola et al., 2023) facilement décomposable permettant ainsi une mise à disposition rapide des nutriments pour les plantes (Bernard Reversat et al., 1993 ; Pegoff, 2008 ; Krisnawati et al., 2011), améliorant ainsi les rendements des cultures d'igname et de maïs sous jachère améliorée à *Acacia mangium* (Ghahoua et al., 2008 ; Mayola et al., 2017). Malgré ces propriétés fertilisantes et l'augmentation des rendements des cultures constatées suite à l'utilisation du compost des feuilles de *A. mangium*, seules 3 % des personnes enquêtées exploitent la litière de l'espèce, ce qui pourrait se justifier par la méconnaissance des potentialités de l'espèce par les populations.

L'étude a également révélé que l'espèce est également utilisée sous forme de brise-vent et de rideau-abris, grâce à sa croissance rapide, afin de protéger les cultures contre l'érosion éolienne (Le Roux, 2002 ; Kawtar et al., 2014 ; Mayola et al., 2023).

### **Croissance et production ligneuse**

Cette étude a révélé que les individus recensés dans le village de Tao âgés de 27 ans ont des diamètres à hauteur de poitrine, hauteurs et volumes bois et houppier largement supérieurs à ceux du Village de Diakène Diola, âgés de 09 ans. Ces résultats corroborent ceux de Traoré et al., (2017) obtenus en Côte-d'Ivoire, montrant une augmentation du diamètre moyen et de la hauteur des *A. mangium* de façon proportionnelle à leur âge (3 ; 7 et 11ans). La même tendance a été aussi observée dans les travaux de Dupuy & Kanga (1990). Outre l'âge, la supériorité des individus de Tao pourrait également s'expliquer par les caractéristiques du milieu et par la densité de plantation. En effet, la plantation de Diakène Diola située sur une étendue de 15 ha est une zone dense où *A. mangium* évolue en association avec les espèces *Eucalyptus camaldulensis*, *Neocarya macrophylla*, *Anona senegalensis*, *Macadamia integrifolia*, *Elais guineensis*, *Saba senegalensis*.... Dans cette zone forestière dense, la faible activité humaine favorise une forte compétition entre espèces pour les ressources (lumière, nutriments), ce qui limite la croissance des arbres. Par contre, la plantation de Tao mise en place sous forme de haie vive autour d'une plantation de manguier en associations avec des cultures maraîchères est plus propice à la croissance des arbres car elle est moins dense et est gérée par les populations (taille, éclaircies). Ces résultats

sont en phase avec ceux de Tonouéwa et al., (2019) qui a montré une meilleure croissance des plantations de *A. mangium* dans les forêts ayant subi des éclaircies par rapport à celles n'ayant subi aucune éclaircie.

### **Variabilité morphologique des semences**

L'étude de la variabilité morphologique des semences des espèces forestières constitue une étape utile pour identifier des morphotypes intéressants pour des programmes de sélection et d'amélioration génétique en foresterie. Notre étude a démontré que les graines des jeunes individus de Diakène présentaient une longueur et une largeur supérieures de 7 % et 6 % à celles des arbres plus âgés de Tao. Ces différences pourraient s'expliquer par plusieurs facteurs : (i) des caractéristiques génétiques telles que la ploïdie, (ii) la provenance du matériel végétal, ou (iii) les conditions environnementales propres aux sites étudiés. En effet, Diallo et al., (2016) a montré un effet significatif du niveau de ploïdie sur la taille de semences chez *Acacia senegal* avec les tétraploïdes (4n) produisant des semences 12 % plus longues et 10 % plus larges que celles des diploïdes (2n). De plus, certains taxons du genre *Acacia* sont connus pour être polyploïdes et des plantes polyploïdes individuelles ont été observées dans des populations diploïdes sauvages : *A. senegal*, *A. dealbata* and *A. mangium* (Diallo et al., 2016; Blakesly et al., 2002). La question de savoir cela leur confère un potentiel adaptatif plus élevé par rapport aux individus de Tao nécessite d'être résolue.

Dans cette étude, le volume de bois produit, fortement corrélé à la taille de l'arbre ( $0,8 < r < 1$ ), présente en revanche une corrélation négative avec la longueur des graines ( $r = -0,58$ ), suggérant, que la sélection indirecte pour une bonne production de bois impliquera le choix de populations/semenciers présentant des semences de petite calibre.

### **Conclusion**

Cette étude démontre que l'âge et le site influencent fortement la croissance de *Acacia mangium*, avec des individus plus âgés à Tao présentant des performances dendrométriques supérieures, tandis que les arbres plus jeunes de Diakène produisent des semences de dimensions plus importantes. Ces résultats mettent en évidence un trade-off potentiel entre croissance ligneuse et morphologie des graines. Ils suggèrent que les programmes de reboisement au Sénégal devraient intégrer une sélection raisonnée des semenciers et des stratégies de vulgarisation afin d'accroître l'acceptation de l'espèce par les communautés locales. Enfin, des recherches complémentaires intégrant l'analyse génétique et l'étude de la fertilité des sols permettraient d'affiner les stratégies de gestion durable de cette ressource.

## Remerciements

Nos remerciements vont à l'endroit, des propriétaires des plantations de Diakène Diola et de Tao pour leur hospitalité et leur disponibilité lors des activités de terrain. Nous tenons également Dr Mamadou Ousseynou Ly, pour sa contribution dans la révision du manuscrit.

## Contribution des auteurs

AMD, auteur principal, a réalisé le travail depuis la rédaction du protocole de recherche, l'analyse statistique des données et la rédaction du manuscrit. KD a mené les enquêtes et entrepris la collecte et la saisie des données sur le terrain.

**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. Andry, CR. (2016). Les potentialités *d'Acacia mangium* Willd. (Fabaceae). Mémoire de Master. 45p.
2. Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD). (2017). Situation économique et sociale du Sénégal 2017-2018, Rapport ANSD, [https://www.ansd.sn/ressources/ses/chapitres/10-SES-2017-2018\\_Environnement.pdf](https://www.ansd.sn/ressources/ses/chapitres/10-SES-2017-2018_Environnement.pdf). <https://www.ansd.sn>
3. Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD). (2018). Situation économique et sociale du Sénégal. Rapport. ANSD, <https://www.ansd.sn>
4. Bernhard-Reversat, F, Diangana, D, & Tsatsa, M. (1993). Biomasse, minéralomasse et productivité en plantation *d'Acacia mangium* et *A. auriculiformis* au Congo. *Bois et Forêts des Tropiques* 238 :35-44.
5. Blakesley, D, Allen, A, Pellny, TK, & Roberts, AV. (2002). Natural and induced polyploidy in *Acacia dealbata* Link. and *Acacia mangium* Willd. *Anna of Botany* 90:391–398.
6. Boye, A. (2000). L'Etude Prospective du Secteur Forestier en Afrique (FOSA). Centre de Suivi Ecologique. République du Sénégal, Dakar.
7. Centre de Suivi Ecologique (CSE). (2018). Annuaire sur l'environnement et les ressources naturelles du Sénégal. Rapport, 4<sup>ème</sup> édition.

8. Dawson I, & Were J. (1997) Collecting germplasm for trees: some guidelines. *Agroforestry Today* 9(2):6–9.
9. Diallo, AM, Kjær, ED, Ræbild, A, Petersen, KK, & Nielsen, LR. (2016). Polyploidy can confer superiority to West African *Acacia senegal* (L) Willd. Trees. *Frontiers in Plant Sciences*, [doi: 10.3389/fpls.2016.00821](https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00821).
10. Dupuy, B, & Kanga, N'G. (1990). Sylviculture de l'*Acacia mangium* en basse Côte- d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*. 225:24-32.
11. FAO, (2016). Situation des forêts du monde 2016. Forêts et agriculture: défis et possibilités concernant l'utilisation des terres. FAO, Rome, Italy.
12. FAO, (2020). Evaluation des ressources forestières mondiales, Rapport national Sénégal, Annexes, 67p
13. Gnahoua, GM, & Louppe, D. (2003). *Acacia mangium*. CIRAD-00429282.
14. Gnahoua, G.M., Kouassi, F.Y., Angui, P.K.T., Balle, P., Olivier, R., & Peltier, R. (2008). Effets des jachères à *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis* et *Chromolaena odorata* sur la fertilité du sol et les rendements de l'igname (*Dioscorea SPP.*) en zone forestière de Côte d'Ivoire. *Agron. Afric*, 20:291-301.
15. Gueye, S. (2000). Etude sur les ressources forestières et les plantations forestières du Sénégal, Rapport FAO. 61p.
16. IPAR, (2015). Améliorer la gouvernance forestière au Sénégal : enjeux actuels et perspectives. *Policy brief*, No 4.
17. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA). (1989). Projet de recherche développement sur le rôle de l'arbre en plantation agricole. Rapport annuel 1988, 39p.
18. Kawtar, FB, Berrada, H, El Ghachtouli, N, & Ismaili, M. (2014). Les acacias: des plantes fixatrices d'azote prometteuses pour le développement durable des zones arides et semi-arides. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 8:46-58.
19. Krisnawati, H, Kalio, M, & Kanninen, M. (2011). *Acacia mangium Willd.*: Ecologie, silviculture and productivity. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia, ISBN 978-602-8693-37-0; 26p.
20. Le Roux, C. (2002). La réhabilitation des mines et carrières à ciel ouvert. *Bois et Forêts des Tropiques* 272:5-9.
21. Mansourian, S, & Berrahmouni, N. (2021). Review of forest and landscape restoration in Africa. Accra. FAO and AUDA-NEPAD. <https://doi.org/10.4060/cb6111en>.
22. Peltier, R, Balle, P, Galiana, A, Gnahoua, GM, Leduc, B, Mallet, B, Üliver, R, Ünalou, K, & Schroth, G. (1996). Produire du bois énergie

- dans les jachères de zone guinéenne. Intérêts et limites à travers l'expérience d'Oumé en Basse Côte d'Ivoire. Montpellier : CIRAD-SAR, 219-227.
23. Pegoff, G. (2008). Puits de carbone: Essai de Provenance sur 92 variétés *d'Acacia mangium, auriculiformis* et *crassicarpa* et évaluation des stocks de carbone dans une forêt *d'Acacia auriculiformis*. Mémoire de Master, Université Libre de Bruxelles, 80p.
24. PLD, (2009). Tenghory-ARD-Ziguinchor. 114 p
25. Mayola, M, Leyoly, J, & Komanda, JA. (2017). Effect of the application of biochar and *Acacia mangium* litter on maize in Alley cropping in Bateke plateau / DRC. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 19:897-907.
26. Mayola, MP, Kabamba, CL, & Komanda, JA. (2023). Croissance et production des peuplements *d'Acacia mangium* d'âges différents sur le sol sableux du plateau de Batéké/RD Congo. *Journal of Oasis Agricultural Sustainable Development*. <https://doi.org/10.56027/JOASD.062023>.
27. Sarr, MS, Diallo, AM, & King, C. (2021). A review of public vs private reforestation in the Senegalese Sahel: Realities and challenges. *Restoration Ecology*. <https://doi:10.1111/rec.13582>.
28. Tandjiekpon, AM, & Dah-Dovonon, JZ. (1999). Productivité ligneuse d'essences forestières: *Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium* et *Eucalyptus camaldulensis* âgées de 4,5 ans. *Bulletin de la Recherche Agronomique*, 26, 13p.
29. Traoré, S, Djomo, AN, N'guessan, AK, Coulibaly, B, Ahoba, A, Gnahoma, GM. et al. (2017). Stand Structure, Allometric Equations, Biomass and Carbon Sequestration Capacity of *Acacia mangium* Wild. (Mimosaceae) in Côte d'Ivoire. *Open Journal of Forestry*. 8:1 19p. <https://doi: 10.4236/ojf.2018.81004>.
30. Tonouéwa, JF, Assédé, MF, Biaou, EPS, & Natta, AK. (2019). Facteurs déterminant la productivité et la séquestration de carbone de *Acacia auriculiformis* A. Cunningham ex Benth. au Bénin. *Bois et Forêts des Tropiques*. 342:17-28. <https://doi.org/10.19182/bft.342-31787>.
31. Theys, J. (2022). Etude des connaissances écologiques locales, représentations et usage du niaouli (*Melaleuca quinquenervia*) et de l'*Acacia mangium* pour les habitantes des savanes de l'ouest guyanais. Rapport d'étude scientifique et technique, Université de Montpellier, 72p.

## Etat de connaissances de *Banana Bunchy top Virus (BBTV)* : Synthèse bibliographique

***Andeime-Edzang Myrianne-Flore***

Centre National de Recherche Scientifique et Technologique, Institut de Recherches Agronomique et Forestière (IRAF), Laboratoire de Protection des Végétaux, Gros Bouquet, Libreville, Gabon

Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM), Laboratoire de Biotechnologies, Biologie végétale et Environnement, Franceville, Gabon

***Abaga Obiang***

Centre National de Recherche Scientifique et Technologique, Institut de Recherches Agronomique et Forestière (IRAF), Laboratoire de Protection des Végétaux, Gros Bouquet, Libreville, Gabon

***Lepengue Nicaise***

Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM), Laboratoire de Biotechnologies, Biologie végétale et Environnement, Franceville, Gabon

***Iskra-Caruana Marie-Line***

Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), UMR BGPI, Campus International de Baillarguet, Laboratoire 2B2E, 34398 Montpellier, France

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n27p165](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p165)

---

Submitted: 10 June 2025

Copyright 2025 Author(s)

Accepted: 18 September 2025

Under Creative Commons CC-BY 4.0

Published: 30 September 2025

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Andeime-Edzang, M-F., Abaga, O., Lepengue, N. & Iskra-Caruana, M-L. (2025). *Etat de connaissances de Banana Bunchy top Virus (BBTV) : Synthèse bibliographique*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (27), 165. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p165>

---

### Résumé

*Banana bunchy top virus (BBTV)* est l'un des virus les plus destructeurs des bananiers, causant *Banana bunchy top disease* (BBTD). Il entraîne des pertes économiques importantes et constitue une menace pour la sécurité alimentaire dans plusieurs régions du monde. Cette étude fait le point sur les connaissances actuelles du BBTV. La méthodologie utilisée a consisté à faire une synthèse de la revue bibliographique du BBTV. Il ressort de cette étude que le BBTV appartient à la famille des *Nanoviridae*, genre *Babuvirus*. Il est composé d'un ADN monocaténaire constitué de 6 à 10 molécules ADN

codant chacune pour une protéine ayant un rôle important dans le fonctionnement du virus. Il affecte toutes les parties du bananier, notamment les feuilles, le pseudotrone et les rejets, provoquant un nanisme de la plante, des stries vert foncé, des feuilles dressées comme un bouquet de fleur. Il peut occasionner des pertes allant jusqu'à 80 à 100% de production de la banane. Le BBTV est transmis principalement par un puceron, *Pentalonia nigronervosa*, qui transmet le virus de manière persistante et circulante. Son hôte principal est *Musa spp.*, bien que d'autres plantes comme *Enset spp* puissent être affectées. Il se propage principalement par le puceron et le matériel de plantation conventionnel notamment les bulbes et les rejets qui contribuent à l'expansion de la maladie. Le BBTV peut être détecté par différentes techniques telles que les méthodes d'observations visuelles, sérologiques et moléculaires. Le virus est présent dans près de 53 pays dans le monde. Avec une incidence de 38% pour l'Afrique, 32% pour l'Asie; 28% pour l'Océanie et 2% pour l'Amérique. Il existe deux principaux groupes phylogénétiques : le groupe Pacifique-Océan Indien (PIO) et le groupe Asie du Sud Est (SEA). Pour protéger la culture du bananier, des mesures de gestion du BBTV peuvent être mise en place à plusieurs niveaux : (1) L'élimination des plants infectés pour éviter la propagation. (2) ; l'utilisation de matériel végétal sain et certifié ; (3) La lutte contre le puceron vecteur, (4) La recherche de variétés résistantes par sélection génétique ou biotechnologie. Au Gabon, le virus est signalé mais reste peu étudié, rendant nécessaires des recherches locales pour évaluer son impact et développer des stratégies de gestion adaptées. Les études menées dans ce pays ont révélé la présence du virus sur les 8 parmi les 9 provinces du Gabon.

---

**Mots-clés:** Banana bunchy top virus (BBTV); Banana bunchy top disease (BBTD) ; Bananier ; Epidémiologie ; Diagnostique

---

## Current Knowledge on the *Banana Bunchy Top Virus* (BBTV): A Literature Review

*Andeime-Edzang Myrianne-Flore*

Centre National de Recherche Scientifique et Technologique, Institut de Recherches Agronomique et Forestière (IRAF), Laboratoire de Protection des Végétaux, Gros Bouquet, Libreville, Gabon

Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM), Laboratoire de Biotechnologies, Biologie végétale et Environnement, Franceville, Gabon

*Abaga Obiang*

Centre National de Recherche Scientifique et Technologique, Institut de Recherches Agronomique et Forestière (IRAF), Laboratoire de Protection des Végétaux, Gros Bouquet, Libreville, Gabon

*Lepengue Nicaise*

Université des Sciences et Techniques de Masuku (USTM), Laboratoire de Biotechnologies, Biologie végétale et Environnement, Franceville, Gabon

*Iskra-Caruana Marie-Line*

Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), UMR BGPI, Campus International de Baillarguet, Laboratoire 2B2E, 34398 Montpellier, France

---

### Abstract

*Banana bunchy top virus* (BBTV) is one of the most destructive viruses affecting banana plants, causing *Banana bunchy top disease* (BBTD). It causes significant economic losses and poses a threat to food security in several regions of the world. This study reviews current knowledge of BBTV. The methodology used consisted of synthesizing the literature review. BBTV. This study shows that BBTV belongs to the *Nanoviridae* family, genus *Babuvirus*. It is composed of single-stranded DNA consisting of 6 to 10 DNA molecules, each encoding a protein that plays an important role in the functioning of the virus. It affects all parts of the banana plant, particularly the leaves, pseudostem, and suckers, causing dwarfism, dark green streaks, and leaves that stand upright like a bouquet of flowers. It can cause losses of up to 80-100% of banana production. BBTV is transmitted mainly by an aphid, *Pentalonia nigronervosa*, which transmits the virus persistently and circulantly. Its main host is *Musa spp.*, although other plants such as *Enset spp.* may be affected. It spreads mainly through aphids and conventional planting material, particularly bulbs and suckers, which contribute to the spread of the disease. BBTV can be detected by various techniques such as visual, serological, and molecular methods. The virus is present in nearly 53 countries worldwide, with an incidence of 38% in Africa, 32% in Asia, 28%

in Oceania, and 2% in the Americas. There are two main phylogenetic groups: the Pacific-Indian Ocean (PIO) group and the Southeast Asia (SEA) group. To protect banana crops, BBTV management measures can be implemented at several levels: (1) Elimination of infected plants to prevent spread. (2) Use of healthy, certified plant material. (3) Control of the aphid vector; (4) Research into resistant varieties through genetic selection or biotechnology. In Gabon, the virus has been reported but remains poorly studied, making local research necessary to assess its impact and develop appropriate management strategies. Studies have revealed the presence of the virus in eight of the nine provinces in Gabon.

---

**Keywords:** Banana bunchy top virus (BBTV); Banana bunchy top disease (BBTD); Banana tree; Epidemiology; Distribution; Diagnosis

## Introduction

La banane dessert et plantain occupent une place importante dans l'alimentation de millions de personnes dans le monde. Cette culture fait l'objet d'attaque de plusieurs maladies et ravageurs causant des pertes importantes la production de cette dernière. Parmi ces maladies figurent les maladies fongiques, bactériennes et virales (Jones, 2000). Les maladies virales du bananier constituent une menace importante pour la sécurité alimentaire de nombreuses populations. Parmi ces virus sont répertoriés quatre qui impactent la banane dessert et plantain dans le monde (Kumar et al. 2014). Il s'agit de : *Banana bunchy top virus* (BBTV), *Banana streak virus* (BSV), *Banana bract mosaic virus* (BBrMV) et *Cucumber mosaic virus* (CMV).

La plus dévastatrice des maladies virales des bananiers est *Banana bunchy top disease* (BBTD) ou maladie de sommet touffu causée par le *Banana bunchy top virus* (BBTV) car elle peut causer des pertes pouvant aller jusqu'à plus de 80% de la production (Caruana, 2003). Elle a été rapportée pour la première fois en 1889 aux Iles Fidji mais son agent causal a été identifié 100 ans plus tard (Caruana, 2003; Kumar et al., 2011).

Elle est originaire de l'Asie du Sud-Est et du Sud-Pacifique. Cette maladie est signalée dans de nombreuses régions du monde et laisse indemne le continent américain. La maladie de Bunchy top des bananiers est présente sur le continent africain depuis 1901 en Egypte, et elle a été ensuite signalée en 1950 au Congo Belge (RDC). Dans ces deux cas l'analyse des séquences virales des isolats présents dans ces deux zones a montré qu'il s'agissait de deux introductions indépendantes en Afrique. La maladie a été rapportée au Gabon en 1980 (Fouré & Manser, 1982). Elle a progressé ces 10 dernières années d'Est en Ouest, et est présente actuellement dans plus de 20 pays africains.

Ce virus est l'un des plus destructeurs affectant les bananiers (Caruana, 2003). Elle est incurable et cause d'importance pertes économiques et agricole. Son étude est primordiale pour déterminer son impact économique et agricole. En effet la bibliographie a révélée qu'il peut provoquer les pertes drastiques de production du bananier en réduisant la croissance de celui-ci (Caruana, 2003). Ces pertes représentent une grande menace pour la sécurité alimentaire car la disparition de cette culture mettra en danger des millions de personnes. La banane et plantain constituent des aliments de base de plusieurs populations dans de nombreux pays. La propagation du BBTV et son contrôle doivent être aussi connu pour la mise en place des pratiques agronomiques durables, des différentes contributions politiques agricoles et décisions gouvernementales des différents pays. Son importance scientifique et phytosanitaire doit être aussi une raison valable d'être étudier pour mieux comprendre l'évolution du virus, améliorer les stratégies de détections et identifier les variétés des bananiers résistants réduisant ainsi les pertes agricoles. Cet article a pour objectif général de faire un état de connaissances du Banana bunchy top virus (BBTV) et Banana bunchy top Disease (BBTD). Plus spécifiquement, il s'agira de :

- faire l'état des connaissances biologiques et taxonomique du BBTV ;
- présenter le diagnostic, l'épidémiologie et la distribution du BBTV ;
- d'exposer les stratégies de lutte contre BBTV et le contexte local.

## **Materiel et Methodes**

### **Materiel**

Le matériel utilisé pour cette synthèse bibliographique a été constitué d'un ensemble varié de documents scientifiques et techniques. Il s'agit principalement de publications d'articles originaux et de revues spécialisées, mais également de livres, mémoires, des thèses et rapports techniques issus d'organismes nationaux et internationaux. Ces sources ont permis de couvrir de manière complète les différents aspects du Banana bunchy top virus (BBTV). L'organisation et la gestion des références bibliographiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Mendeley, facilitant ainsi la sélection, le classement et la citation cohérente des documents consultés.

### **Méthodologie d'étude**

La méthodologie de recherche d'information repose sur une recherche documentaire systématique réalisée dans Google Scholar, SCI HUB, PubMed, Scopus et d'autres pages Web, complétée par des livres et des rapports institutionnels (FAO, CIRAD, IITA, etc...). Les mots-clés liés au Banana bunchy top virus (BBTV) ont été combinés avec des opérateurs booléens, et les publications en anglais et en français entre 1990 et 2025 ont été retenues. Les références ont été sélectionnées selon leur pertinence scientifique, puis

organisées et gérées avec le logiciel Mendeley. Les sources ont été analysées et synthétisées autour des axes majeurs : symptômes, biologie, agent vecteur, diagnostic, épidémiologie, diversité, distribution, stratégie de lutte du BBTV.

## Resultats et Discussion

### Resultats

#### Connaissances biologiques et taxonomiques du BBTV

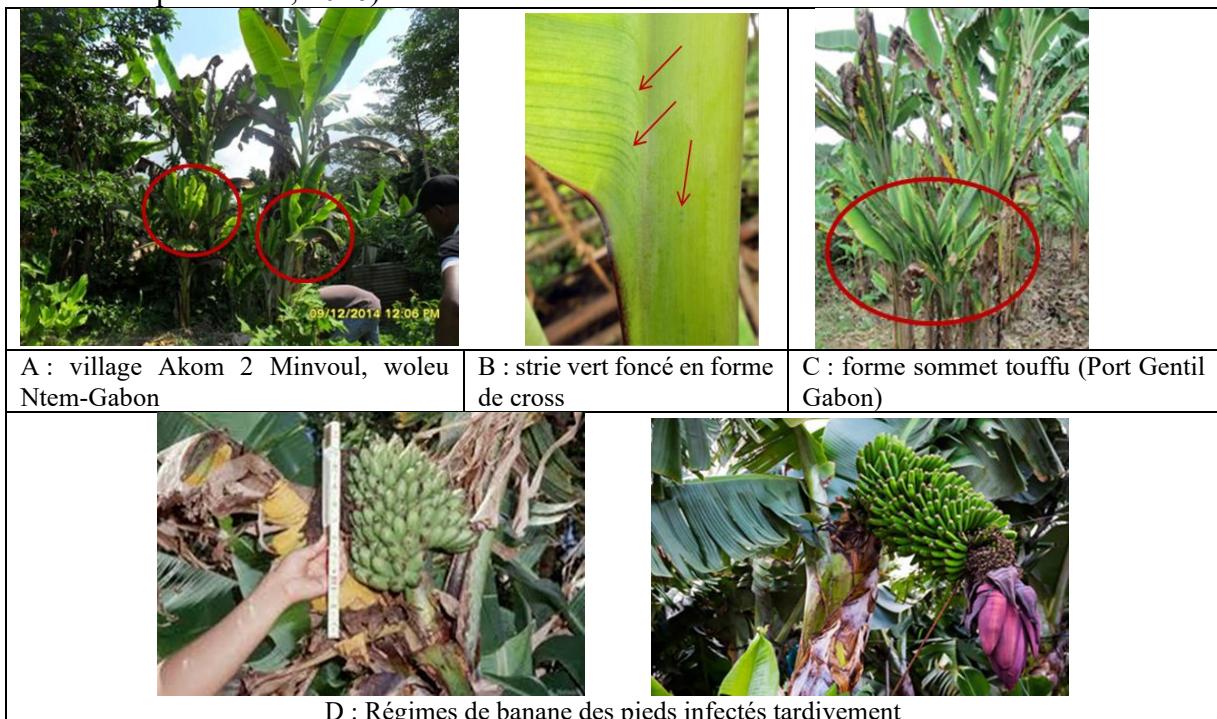
##### *Symptômes, Taxonomie et biologie de BBTV*

La maladie du Bunchy top des bananiers (*Banana bunchy top disease* ou BBTD) provoque un ensemble de symptômes caractéristiques sur les plants. Ces symptômes typiques de *Banana bunchy top virus* sont très précis, clairement identifiables sur tous les bananiers de type *M. acuminata* de ceux causés par les autres virus du bananier (Caruana, 2003). Les symptômes peuvent être visibles sur toutes les parties extérieures de la plante : les feuilles, les pétioles, le pseudotrone, les fruits et les rejets à tous les stades de croissance. Ils varient aussi en fonction de la gravité de l'infection et de la variété des bananiers. Le seul hôte du BBTV connu à ce jour *Musa sp* et *Enset*. Les premiers signes de l'infection par le BBTV se manifestent sur les nervures, la nervure centrale et le pétiole des feuilles sous la forme de stries vert foncé discontinues de longueur variable. Les symptômes sont parfois appelés "stries en code morse" ou « stries code morse » car les stries sont irrégulières et ressemblent à une série de points et de tirets (Tripathi *et al.*, 2016). Ces stries vert foncé sont aussi observé sur les gaines constituant le pseudo tronc (Thomas & Jones, 1994, Kumar *et al.*, 2011) (figure 1 B ). Pour mieux voir ces stries vert foncé on peut regarder la couche blanche cireuse du pétiole et la nervure centrale. De plus, des extensions vert foncé ressemblant à des crochets peuvent être observées dans une zone étroite, vert clair, entre la nervure centrale et le limbe. Les crochets courts pointent vers le bas le long de la nervure centrale en direction du pétiole. (Tripathi *et al.*, 2016). Ces tirets sont mieux observés en rétroéclairant la feuille contre le ciel.

À un stade ultérieur, les nouvelles feuilles des plantes infectées émergent difficilement et sont plus étroites, avec un limbe ondulé et une marge jaune. Au fur et à mesure que les feuilles successives des plantes infectées émergent, on constate qu'elles sont de plus en plus anormales. Les feuilles deviennent progressivement plus petites avec une élongation limitée du pétiole. Les feuilles restent anormalement dressées. Lorsque plusieurs feuilles anormales ont émergé, une congestion extrême ou une grappe apparaît au sommet de la plante (Fig. 1.A et C), symptôme qui a donné son nom à la maladie.

Les feuilles émergentes difficilement après l'apparition des premiers symptômes et elles sont plus étroites avec d'autres symptômes suivants limbe ondulé et une marge jaune (figure 1C). Leur aspect est modifié

progressivement, elles sont de plus en plus petites avec une élongation limitée du pétiole. Elles seront dressées anormalement et se présenteront sous forme de bouquet ou sommet touffu. Et le plant se caractérise par un nanisme. Le pétiole, la nervure centrale et le limbe des plantes infectées sont durs et cassants et peuvent se briser facilement lorsqu'ils sont pliés ou écrasés avec une diminution importante du limbe, alors que les feuilles saines sont de nature élastiques et souples (Thomas & Jones, 1994, Kumar et al., 2011 ; Tripathi et al., 2016).



**Figure 1 :** Les symptômes de *Banana bunchy top virus* : Touffe avec pieds infectés (A et C) ; une feuille avec des stries vert foncés (B) et des régimes de banana des plants infecté tardivement (D).

Les plantes infectées au début de leur croissance ne produisent pas de fruits, ce qui entraîne une perte totale de rendement, tandis que les plantes infectées aux stades ultérieurs en fin de cycle de culture peuvent produire des fruits normaux ou déformés (Dale, 1987; Pietersen & Thomas, 2003; Thomas & Jones, 1994) (Figure 1 D). Ces plantes adultes infectées très tardivement, vont seulement développer des tirets vert foncé à l'extrémité de la bractée florale ce qui va constituer souvent le seul symptôme dans ces cas (Iskra-Caruana et al., 2003).

Les rejets issus des plantes mères infectées sont systématiquement sévèrement atteints sur la première feuille émise, et les rejets ont la forme de nanisme. Les feuilles sont rabougries avec des feuilles qui ne s'étendent pas

normalement et restent groupées au sommet du pseudo-tronc. Ces feuilles sont raides et dressées, plus courtes et plus étroites. Le plant issu de ce rejet ne produira aucun régime.

Les variétés de bananiers qui ont du génome B présentent des symptômes de BBTV plus difficile à observer. Le nanisme est moins prononcé ainsi que la réduction et chloroses des feuilles. Des chloroses sur quelques feuilles et un port érigé permettent néanmoins de les identifier mais toujours à un stade avancé de la maladie. Généralement les stries vert-foncé sont absentes.

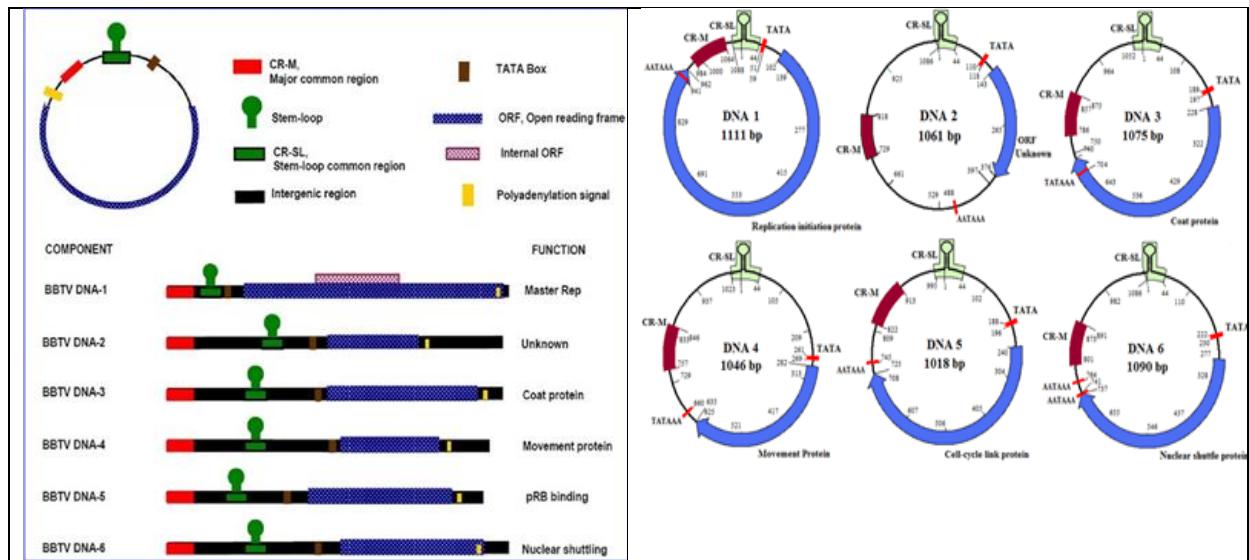


Figure 2 : Organisation génomique des six composantes d'ADN montrant CR-SL, CR-M, TATA Box , Poly A signal et ORF (Islam, M.N., et al., 2010)

Le BBTV appartient au Groupe IV, à la famille *Nanoviridae* et au genre *Babuvirus*. Le virus est circulant composé d'une particule virale isométrique (virion) de 18 à 20nm de diamètre et un génome composé d'ADN monocaténaire (ss) multipartite composé de 6 à 10 ADN, circulaires d'environ 1Kb, encapsidés séparément dans les particules icosaédriques (Iskra-Caruana, 2003). Chaque composante ADN code pour une protéine à partir de son unique cadre de lecture ouvert (ORF) (Tripathi et al., 2016). Les six composants du génome BBTV sont appelés ADN-R, ADN-N, ADN-S, ADN-M, ADN-C et ADN-U3 (Stainton et al., 2015a) (figure 2). Chaque ADN code pour une protéine ayant un rôle important dans le fonctionnement du virus (Stainton et al., 2015). L'ADN -1 (ADN-R) joue un rôle important dans la réplication du virus. L'ADN-2 (ADN-N) code pour la protéine de la navette. L'ADN-3 (ADN-S), code pour la protéine de capsid. L'ADN-4 (ADN-M) code pour la protéine de mouvement, l'ADN-5 (ADN-C) joue un rôle dans le cycle cellulaire du virus. Le rôle de l'ADN-6 (ADN-U3) reste inconnu à ce jour.

Les ADN du virus comportent une région intergénique (IR) et au moins un cadre de lecture ouvert (ORF) qui est transcrit dans le sens du virion (Burns *et al.*, 1995). L'IR de chaque composant génomique comprend deux régions communes : la «common stem-loop region » (CR-SL) et la « Major common région » (CR-M) située à l'extrémité 5' de la Stem-Loop region (CR-SL) ; une boîte TATA (TATA Box) et un signal de polyadénylation.

La CR-SL est constituée de 69 nucléotides qui partagent 62% d'homologie entre les six composants génomiques et contient aussi une structure en tige avec boucle (Stem-loop) possédant la séquence de boucle de nanonucléotides (5' TATTATTAC 3') conservée entre les composants et les éléments itératifs (itérons) qui sont des sites potentiels de liaison Rep (Replication) ((Burns *et al.*, 1995) Burns *et al.*, 1995; Hafner *et al.*, 1997b) Horser, 2000a). (Elayabalan *et al.*, 2014)

La CR-M possèdent entre 62 et 92 nucléotides qui partagent au moins 76% d'homologie entre les six composants génomiques (Stainton *et al.*, 2015). La CR-M comprend trois domaines relativement conservés (domaines I, II et III) et de courtes séquences d'amorces qui correspondent à cette région ont été isolées à partir de virions BBTV, montrant son rôle dans la synthèse du second brin des composants génomiques circulaires de l'ADNss (Hafner *et al.*, 1995 ; Elayabalan *et al.*, 2014).

Par rapport aux ORF, Les régions promotrices et terminatrices qui pilotent l'expression des ORF codés sont situées dans l'IR et se sont révélées actives dans les cellules embryogénèse de monocotylédones et de dicotylédones, avec une activité significative dans les tissus associés aux vaisseaux (Dugdale *et al.*, 1998 ; 2000).

### ***Agent vecteur, plantes hôtes, mode de transmission et Propagation du BBTV***

Le BBTV est transmis par le puceron noir appelé *Pentalonia nigronervosa Coquerel* qui est connu pour être le seul principal vecteur de ce virus selon le mode persistant, circulant et non propagatif (Magee, 1927 ; Anhalt & Almeida, 2008 ; Kumar *et al.*, 2011). Le puceron appartient à l'ordre des homoptères, à la famille *Aphididae*, et au genre *Pentalonia* et est systématiquement présent dans les pays producteurs du bananier (figure 5 C). Il existe sous deux formes : la forme non ailée et la forme ailée. Les formes ailées mesurent entre 1.6 et 1.8 mm et ont un abdomen de couleur brune.

Il a été signalé que le BBTV se propageait principalement par le biais du matériel de plantation conventionnel notamment les bulbes et les rejets (Tripathi *et al.*, 2016). Le virus est localisé dans le système digestif et les glandes salivaires de l'insecte. Le temps de latence pour que le puceron soit virulifère est de 18 heures après son acquisition. En effet de par la présence du virus préférentiellement dans les tissus du phloème où il induit une désorganisation à l'origine du symptôme de traits discontinus vert-foncé

(Caruana, 2003), le puceron doit se nourrir sur la plante afin d'acquérir le virus. D'après le même auteur, la colonisation commence même à partir du point de pénétration du virus. Un taux élevé de croissance de la population du puceron du bananier *P. nigronervosa* a été enregistré à 25 °C par rapport à 20 °C ou 30 °C (Robson *et al.*, 2006 ; Kumar *et al.*, 2015). L'efficacité de transmission du virus BBTV par le puceron vecteur a été comprise entre 46 et 67 %. Le temps de rétention du BBTV dans le vecteur après son retrait de la source du virus était de 13 à 20 jours (Magee, 1927 ; HU *et al.*, 1996). Le BBTV se réplique donc durant une courte période au point d'inoculation du puceron, descend ensuite dans le pseudo-tronc vers le méristème basal, et finalement vers le bulbe, les racines et les feuilles nouvelles formées. La réplication dans les feuilles formées avant l'infection n'a pas été démontrée. Cela peut expliquer l'incapacité du puceron à acquérir le virus à partir de ces feuilles. Le plant de bananier nouvellement infecté ne devient réservoir qu'à partir du moment où une nouvelle feuille présentant des symptômes est émise. Il a été démontré que la distance moyenne de démarrage d'un deuxième foyer d'infection dû au puceron varie entre 17.2 et 20m, partant du foyer d'infection sans ou avec l'aide de vent. La probabilité de contamination par le BBTV d'une nouvelle plantation dans les douze premiers mois de la culture est estimée à 88% en plantation commerciale (Allen *et al.*, 1977; Thomas *et al.*, 2000).

À Hawaï, il a été démontré que le puceron transmettait le virus BBTV après une période d'accès minimale d'acquisition de 4 heures et nécessitait une période d'accès minimale d'inoculation de 15 minutes (Hu *et al.* 1996). Cependant, en Australie, il a été signalé que pour la transmission du BBTV, il faut une période minimale d'acquisition de 17h et une période minimale d'inoculation de 30 minutes à 2h (Magee, 1927). Il n'y a pas de preuve de la multiplication du BBTV dans le puceron vecteur (Hafner *et al.*, 1995). Anhalt & Almeida, (2008a) ont rapporté que les pucerons adultes étaient plus efficaces dans la transmission du virus que les nymphes de troisième stade.

Il a été signalé qu'une autre espèce de puceron du bananier, *Pentalonia caladii*, transmettait le BBTV avec une efficacité moindre que *Pentalonia. nigronervosa* (Watanabe *et al.* 2013). *P. nigronervosa*, un vecteur efficace du virus BBTV, est connu pour être hautement spécifique aux espèces *Musa* (Robson *et al.* 2006). Sur le bananier, les pucerons sont fréquemment observés près de la base du pseudo-stem au niveau du sol et à plusieurs centimètres sous la surface du sol (Robson *et al.* 2006).

Des études ont aussi montré que lorsque les populations de *P. nigronervosa* et de *P. caladii* étaient élevées, la propagation et la transmission du *Banana bunchy top virus* étaient plus faibles (Rahmah *et al.*, 2021).

Le seul hôte connu de ce virus est *Musa spp* et *Ensete* (Caruana, 2003). Tous les cultivars et espèces de *Musa* semblent être sensibles au BBTV

(Thomas & Jones, 1994). En Afrique des études ont montré que leur distribution et leur abondance sur *Musa spp* dépendent du type de génome (Hanna *et al.*, 2013)

Le puceron *Pentalonia nigronervosa* est connu pour être un ravageur des plants de la famille de *Musaceae*. Mais cet insecte peut aussi infester diverses plantes hôtes appartenant aux familles de *Héliconiaceae*, *Zingiberaceae*, *Araceae* (Rahmah *et al.*, 2021).



Figure 3 : Le Puceron noir du bananier : *Pentalonia nigronervosa*

Il existe deux modes de transmission du BBTV : le puceron et le matériel végétal infecté. **Par le puceron** : le vecteur s'alimente pendant quelques heures sur la plante infecté pour acquérir le virus (Figure 4). Cette acquisition du virus se fait grâce à son stylet. La période de latence qui va suivre permettra au virus de circuler dans son corps jusqu'au glande salivaire puis le puceron devient infectieux et peut transmettre le virus jusqu'à la fin de sa vie (jusqu'à 6 semaines). Le virus n'est pas transmis à sa descendance.

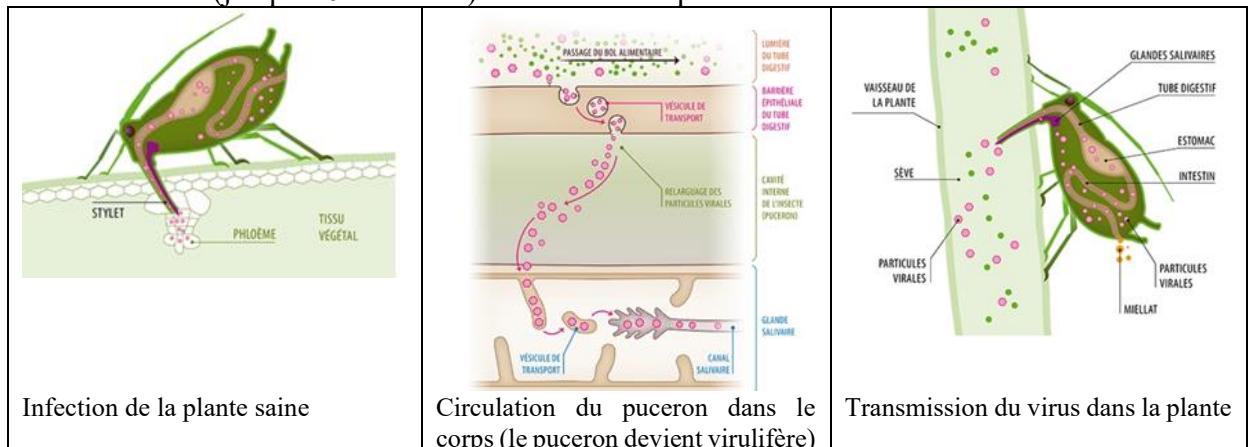


Figure 4 : Acquisition, de circulation et transmission du virus par le puceron  
(<https://www.bayer-agri.fr> )

**Par le matériel infecté :** Le BBTV est également connu pour être transmis par des bananiers (Call, 1989 ; Drew *et al.*, 1992) ; cependant, le taux de transmission n'est pas toujours de 100%. Tout matériel végétatif (rejets, plant issus de culture *in vitro* ou culture *in vivo*) utilisé en plantation est capable de transmettre le BBTV. Et les études ont montré une dissémination de 100% du BBTV enregistrée dans le cas du matériel végétal, y compris les rejets et les cornes (Magee 1927). Lorsqu'une souche est infectée tous les rejets et le plant mère seront infectés même si l'infection n'est pas initialement présente dans toutes les parties de la souche. La maladie ne peut pas être transmis mécaniquement par les outils de récolte, ni par le contact du producteur d'un plant malade à un plant infecté.

### **Diagnostic, épidémiologie et la distribution du (BBTV)**

L'identification rapide et précise du BBTV est cruciale pour prendre des mesures de gestion et de prévention afin d'empêcher la propagation du virus dans les plantations de bananes. Le diagnostic du *Banana Bunchy Top Virus* (BBTV) dans les plantes de bananiers implique généralement une combinaison de techniques de laboratoire (diagnostic moléculaire ou sérologique) et d'observations visuelles sur les symptômes des plantes. Voici les principales méthodes de diagnostic du BBTV.

#### ***Méthodes de diagnostic du BBTV***

La présence du BBTD sur un plant peut être observée par un diagnostic simple et rapide sur le plant à cause de certaines caractéristiques des symptômes du BBTV qui sont clairement identifiable. Mais par contre pour certaines variétés, les symptômes peuvent être difficiles à observer. C'est le cas parfois des bananiers de type plantain ou ayant du génome B. Parmi les méthodes de diagnostiques de BBTV figurent :

##### **❖ La méthode ELISA (Enzyme Linked Immunosobent assay)**

La méthode de détection du virus du BBTV par ELISA est basée sur l'utilisation des anticorps monoclonaux et polyclonaux (Thomas & Dietzgen, 1991, Caruana 2003). L'ELISA repose sur l'interaction spécifique entre un anticorps et un antigène. Lorsque l'antigène cible est présent dans un échantillon (extrait de plante infectée par le BBTV), il est capturé par un anticorps spécifique fixé sur une plaque. Ensuite, un second anticorps, couplé à une enzyme, est ajouté. L'ajout d'un substrat déclenche une réaction enzymatique qui produit un changement de couleur mesurable par spectrophotométrie, indiquant la présence du virus.

Les sérum polyclonaux et des anticorps sont disponibles et utilisables de manière performante via les kits ELISA commercialisés (Caruana, 2003). Différents Kits ELISA (TAS -ELISA (Triple Anticorps ELISA) ; DAS-ELISA (Double anticorps ELISA en Sandwich)) existent et peuvent être

utilisés pour une détection du virus : des plants en plein champs, la culture tissulaire des végétaux et les pucerons (Thomas & Dietzgen, 1991 ; Geering & Thomas, 1996; Selvarajan *et al.*, 2010).

#### ❖ **La méthode basée sur la PCR (Réaction de polymérisation en chaîne)**

La méthode basée sur la PCR est une technique de détection moléculaire des virus dans les plantes et les vecteurs (pucerons). Elle consiste à amplifier de manière spécifique des séquences d'ADN du BBTV par l'utilisation des amorces spécifiques au BBTV. Des amorces spécifiques ont été décrites pour amplifier des composantes spécifiques de 1 à 6 ADN du virus. L'étape d'amplification doit être précédée de l'extraction de l'ADN total du bananier. Le principe de la PCR repose sur plusieurs étapes qui sont : (1) Dénaturation qui consiste à la séparation des brins d'ADN viral ; (2) Hybridation qui est la fixation des amorces spécifiques du BBTV sur l'ADN viral ; (3) Elongation est une synthèse d'un nouvel ADN viral par une enzyme (Taq Polymérase). Ces cycles sont répétés plusieurs fois pour une amplification de l'ADN viral.

Mais lors de l'extraction de l'ADN total du bananier des inhibiteurs de PCR en diagnostic de plantes peuvent être libérés aussi. Pour pallier à cette situation une technique a été mise en place. Elle consiste à combiner la réaction Immunocapture et la PCR appelé IC-PCR (Happer 1999). Elle utilise donc la réaction immunologique et moléculaire.

Des tests PCR en temps réel avec des sondes TaqMan TM ont été aussi développés pour la détection quantitative de segments d'ADN viral dans la plante et les tissus pucerons (Bressan & Watanabe, 2011 ; Chen & Hu, 2013).

#### ❖ **La méthode de LAMP (Loop-mediated amplification)**

C'est une méthode qui permet d'amplifier l'ADN en une étape Isotherme à une température unique entre 60° et 65° et évite les cycles de température complexes de la PCR classique (Notomi *et al.*, 2000 ; Peng *et al.*, 2012). Elle ne nécessite pas l'utilisation d'appareil PCR. Les produits de la LAMP peuvent être détectés par électrophorèse sur gel d'agarose conventionnel ou par observation visuelle des changements de turbidité/couleur (Peng, Zhang, et al., 2012). Cette technique nécessite pour l'amplification la présence de six régions de l'ADN cible qui sont reconnues par une série de quatre amorces (Mori & Notomi, 2009). Les trois étapes de la LAMP sont initiation, amplification circulaire et une étape d'elongation. Elle est pratique pour un diagnostic rapide et efficace sur le terrain et dans les zones où les laboratoires moléculaires ne sont pas disponibles. Elle développe aussi des kits commerciaux pour la détection précoce de certains agents pathogènes (Mori & Notomi, 2009). Cette méthode permet d'obtenir rapidement des résultats (moins d'une heure) et l'utilisation de plusieurs amorces spécifiques réduites les risques de faux positifs.

### ❖ La méthode RCA (Rolling Circle Amplification)

Le Rolling Circle Amplification (RCA) est une méthode permettant d'amplifier de caractériser et de cloner les séquences complètes des virus à génome circulaire simple brin à l'exemple des *Nanoviridae* (*Nanovirus*, *Babuvirus* et *Badnavirus*) dont le BBTV et les *Geminiviridae*) (Stainton *et al.*, 2015 ; Haible *et al.*, 2006). Cette technique est isothermale et très simple et elle utilise aussi un bactériophage Phi29 DNA polymérase qui est une séquence indépendante.

### *Epidémiologie du BBTD*

Le BBTV est connu pour infecter une gamme d'espèces de *Musa* (Thomas et Iskra-Caruana. 2000 ). Le virus infecte les hybrides naturels et synthétiques de *M. paradisiaca*, abaca (*M. textilis*) (Sharman *et al.*, 2008) , et *Ensete ventricosum* (Selvarajan & Balasubramanian, 2014). Toutefois, des plantes appartenant aux espèces *Alpinia*, *Heliconia*, *Canna* et *Strelitzia* ont souvent poussé dans les zones de production de bananes et se sont révélées négatives pour l'infection par le virus BBTV (Geering & Thomas, 1997). D'après ces mêmes auteurs le contrôle de l'épidémiologie du BBTD est simplifié par l'étude d'un seul hôte sensible et d'une espèce de vecteur. Le *Banana bunchy top virus* (BBTV) est transmis par le puceron du bananier *Pentalonia nigronervosa* sur le plan Bananier. Un rapport sur la détection du virus dans *Colocasia esculenta esculenta* en Inde (Ram & Summanwar, 1984) n'a pas été prouvé sans équivoque (Geering et Thomas 1997 ; HU *et al.*, 1996). Une plante infectée et un vecteur dans un environnement favorable sont nécessaires pour développer les épidémies de la maladie. Le matériel de plantation infecté (les rejets) joue un rôle clé dans l'épidémie et la propagation à longue distance.

Cette dissémination se fait généralement par le biais des déplacements des hommes. Et ce moyen contribue souvent à la création des nouvelles plantes et nouvelles zones infectées. La dissémination secondaire ou la dissémination sur de courtes distances à partir de ces foyers d'infection est assurée par les pucerons. En effet, un champ qui a démarré avec un matériel de plantation plante, le puceron du bananier est responsable de l'inoculum primaire et de la propagation secondaire BBTD de plante à plante à l'intérieur du champ (Ngatat, 2017). Allen (1978) a estimé la distance de dissémination secondaire du BBTV par les pucerons à partir de la source initiale d'infection à 15,5-17,2 m dans une plantation commerciale de bananes. Près des deux tiers des nouvelles infections se trouvaient à moins de 20 m de la source la plus proche d'inoculation du virus, et 99 % à moins de 86 m.

Les épidémies peuvent être la combinaison de plusieurs facteurs, dont la présence d'un grand nombre de pucerons vecteurs et la distance de la source primaire d'infection. Une étude australienne a montré que si la nouvelle

plantation était adjacente à une plantation malade, le risque de propagation du BBTD dans la nouvelle plantation au cours des 12 premiers mois était de 88 %, et que ce risque était réduit à moins de 5 % si les plantations étaient séparées de 1 000 m (Allen et Barnier, 1977). Opina & Milloren en 1996 ont également signalé que la plupart des nouvelles infections étaient soit adjacentes, soit très proches de la source d'infection.

Les travaux de Smith *et al.*, (1998) ont montré une augmentation exponentielle de l'incidence de la maladie sur 10 ans et un gradient décroissant de l'incidence de l'extérieur de la plantation vers le centre comme deux caractéristiques clés de l'épidémiologie du BBTV aux Philippines. Ainsi l'incidence et la sévérité de la maladie augmentent avec le temps.

Les travaux d'Allen (1987) ont estimé le taux d'infection de base de BBTV à 0.0342 nouvelle infection par plante infectieuse et par jour. Mais notons aussi une variation de ce taux peut être saisonnière avec un maximum en condition chaude. Allen (1978a) signale qu'à Alstonville (New South Wales - Australie), la période d'incubation varie de 19 jours en conditions chaudes à 125 jours en conditions froides tandis que le taux d'infection relatif varie en moyenne de 0,027 à 0,001 nouvelle infection par ancienne infection par jour en conditions chaude et froide respectivement. En conséquence, la période d'incubation et le taux d'infection varient en fonction de la température et ces paramètres sont plus élevés dans les conditions chaudes et plus faibles dans les conditions froides (NGATAT, 2017).

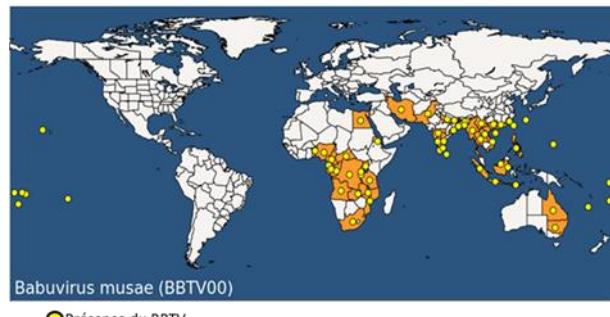
Les études ont révélé aussi la période de latence de la maladie est estimées à 59.8 jours et a été corrélée avec le temps nécessaire à la croissance de 2 à 3.7 feuilles de bananier (Allen, 1978a ; 1987). Les bananiers ayant été infectés pendant une période supérieure à la période de latence constituent une source continue d'infection (Allen, 1987).

### ***Distribution et diversité du BBV***

La distribution de la maladie du Bunchy Top des bananiers est principalement limitée à certaines régions tropicales et subtropicales du monde. Cette maladie a été signalée dans 4 continents d'après les informations recueillies dans le site EPPO (2025) EPPO Global Database (<https://gd.eppo.int>). Le tableau 1 et la figure 6 montrent la présence du BBTV dans les différents pays et continents selon les informations du ce même site.

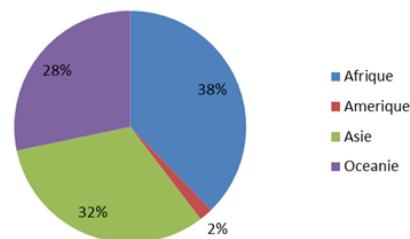
**Tableau 1 :** Nombre de pays par continent touché par le BBTV

Continents touchés	Nombre de pays touchés par BBTV	Incidence du BBTV selon les continents
Afrique	20	38%
Amérique	1	2%
Asie	17	32%
Océanie	15	28%
total	53	

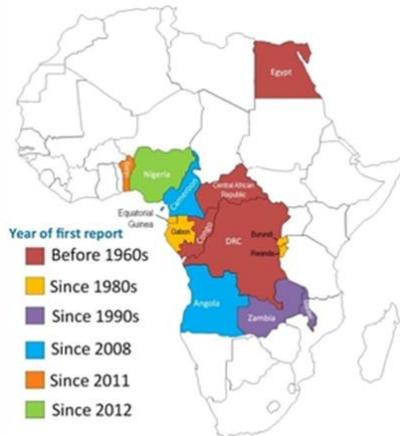


**Figure 6:** Carte de distribution du Banana bunchy top virus dans le monde (EPPO (2025))

**Incidence du BBTV par continent**



**Figure 5 :** Incidence du BBTV par Continent



**Figure 7:** Les années de rapport de BBTV en Afrique (Kumar, L, 2018)

D'après le tableau 1 et les figures (5 et 6), cette maladie a été signalée dans 53 pays dans le monde. Le continent africain enregistre plus de pays touchés soit 20 pays touchés (avec une incidence de BBTV de 38%). L'éradication du virus a été confirmée au Togo. La figure 7 montre les années de rapport de BBTV en Afrique.

L'Asie regroupe 17 pays touchés (32%). Le virus est largement présent en Chine, Inde, Indonésie, Iran, Japon, Malaisie, Pakistan, Philippines, Sri Lanka, Taiwan, Thaïlande, Vietnam. Certains endroits signalent une distribution restreinte (Japon, Laos, Malaisie, Pakistan, Philippines). Il existe quelques cas où la présence est non confirmée ou douteuse (Cambodge, Corée du Sud). L'éradication est confirmée à Irian Jaya (Indonésie) et en Malaisie occidentale.

L'Océanie regroupe 15 pays (28% d'incidence). Le virus est présent en Australie, Fidji, Polynésie française, Guam, Samoa, Tonga, Tuvalu, Wallis et Futuna. Sa distribution est restreinte en Australie, en Nouvelle-Calédonie et

en Polynésie française. Plusieurs îles du Pacifique ont des enregistrements douteux ou invalides (Kiribati, Micronésie, Palau, Papouasie-Nouvelle-Guinée, Îles Mariannes du Nord).

Et enfin l'Amérique qui enregistre un faible taux d'incidence de BBTV avec un seul pays USA plus précisément du coté de Hawaï soit 2%.

La diversité du *Banana Bunchy Top Virus* (BBTV) est principalement étudiée au niveau de ses séquences génétiques. Le BBTV est composé de plusieurs segments d'ADN circulaire, chacun codant pour des protéines virales spécifiques nécessaires à la réplication et à la propagation du virus. Les différentes souches ou isolats du BBTV peuvent présenter des variations génétiques, ce qui contribue à la diversité du virus.

Les divers isolats de BBTV caractérisés jusqu'à présent dans le monde présentent une homologie de plus de 85 % (Banerjee *et al.*, 2014 ; Kumar *et al.*, 2015).

La phylogénie basée sur l'analyse des séquences d'isolats de BBTV indique deux grands groupes géographiques: (i) le groupe Pacifique - Océans Indiens (PIO) (ancien groupe Pacifique Sud (PSG)) et le Groupe Asie du Sud-Est (SEA) (ancien groupe asiatique ( Asie du Sud -Est (SG)) (Kumar *et al.*, 2011). Le groupe Pacifique-Océans Indiens regroupe les isolats de l'Australie, Afrique, Fidji, l'Inde, Tonga et Western Samoa, Hawaii et le sud Asie (Inde et Pakistan). Le Groupe Asie du Sud-Est (SEA) comprend les isolats des Philippines, Taiwan, Indonésie, Japon, Vietnam et Chine (Caruana, 2003 ; Kumar *et al.*, 2011). Ces informations sur les isolats sont sur les figures 8 et 9. Le tableau 2 montre un récapitulatif des représentation des différents groupes de BBTV d'après ces auteurs, Kumar *et al.*, (2015); et Stainton *et al.* (2015). Les analyses montrent des variations de séquences de l'ADN-R dans les isolats de chaque groupe était de 1.9% à 3%, alors que la variation entre les isolats des deux sous-groupes atteignait 10% (Karan *et al.*, 1994 ; Yu *et al.*, 2012). En dehors de l'ADN-R, les analyses montre aussi des variations de séquence entre les isolats de l'ADN-N et de l'ADN-S, des recombinaisons et réarrangements entre isolats et la présence d'ADN satellite uniquement associé aux isolats du groupe Asiatique (Kumar *et al.*, 2015; Stainton *et al.*, 2015b). En général, la diversité génétique des isolats de BBTV dans un pays est très faible les études menées en Inde (Vishnoi & Krishna, 2009) , au Pakistan; en Afrique (Kumar *et al.*, 2011 ; Adegbola *et al.*, 2013).

**Tableau 2 : Représentation des différents Groupes de BBTV**

Continent	Groupe De BBTV	Pays
Afrique	Pacifique – Océan Indien (PIO)	Angola, Benin, Burundi, Cameroun, Congo, DRC, Egypte, Guinée Equatoriale, Gabon, Malawi, Nigeria, Rwanda, Zambie
Asie	Pacifique – Océan Indien (PIO)	Inde, Pakistan, Sri Lanka, Myanmar, Bangladesh.
Australie	Pacifique – Océans Indiens (PIO)	Australie
Sud Pacifique	Pacifique – Océans Indiens (PIO)	Hawaii, South Pacific islands (Fiji, Tonga, etc)
Asie	Asie du Sud-Est (SEA)	Taiwan, Chine, Japon, Philippines, Indonesie, Vietnam, Thailand

L'analyse de la séquence basée sur l'ADN-R des isolats de BBTV de l'Afrique subsaharienne, regroupée pour former une sous-lignée unique au sein du groupe PIO, suggère une origine commune pour les isolats de l'Afrique subsaharienne (Kumar *et al.*, 2011). Ainsi, des indices sur l'origine et le mode de propagation du virus BBTV sont basées sur l'analyse du génome viral. Les études de Kumar (2015) basées sur les rapports ultérieurs de présence de BBTV en Afrique en regardant la configuration de l'arbre phylogénique (Figure 9) montrent qu'il y a une possibilité que le BBTV ait été introduite en Afrique en deux événements distincts, le premier en Afrique du Nord du côté de l'Egypte et le second en Afrique subsaharienne. Et ces deux introductions ont contribuées à la propagation du virus. En effet, le virus a été rapporté pour la première fois en Egypte en 1901 dans l'arbre phylogénétique, l'isolat de l'Egypte était plus proche des isolats d'Australie et Fidji que ceux d'Afrique Subsaharienne. Par contre en 1950, le virus a été rapporté au Congo (RDC) dans la région de Kisangani par l'introduction du matériel infecté offert en cadeau (Kumar *et al.*, 2011 ; Adegbola *et al.*, 2013). D'autres rapports de BBTV ont été signalés ultérieurement dans les pays voisins de la RDC (République centrafricaine, Congo Brazzaville, Gabon, Guinée équatoriale, Rwanda, Burundi, nord de l'Angola et nord de la Zambie) indiquant une dissémination du virus par le mouvement des humains et du matériel végétal infecté (Kumar *et al.*, 2011) (Figure 7).

l'Abaca bunchy top virus (ABTV, genre Babuvirus) a été utilisée comme Outgroup. Les chiffres aux nœuds des arbres représentent les valeurs des probabilités a posteriori bayésiennes. Les isolats de l'Afrique subsaharienne sont indiqués en gras (Kumar *et al.*, 2011).

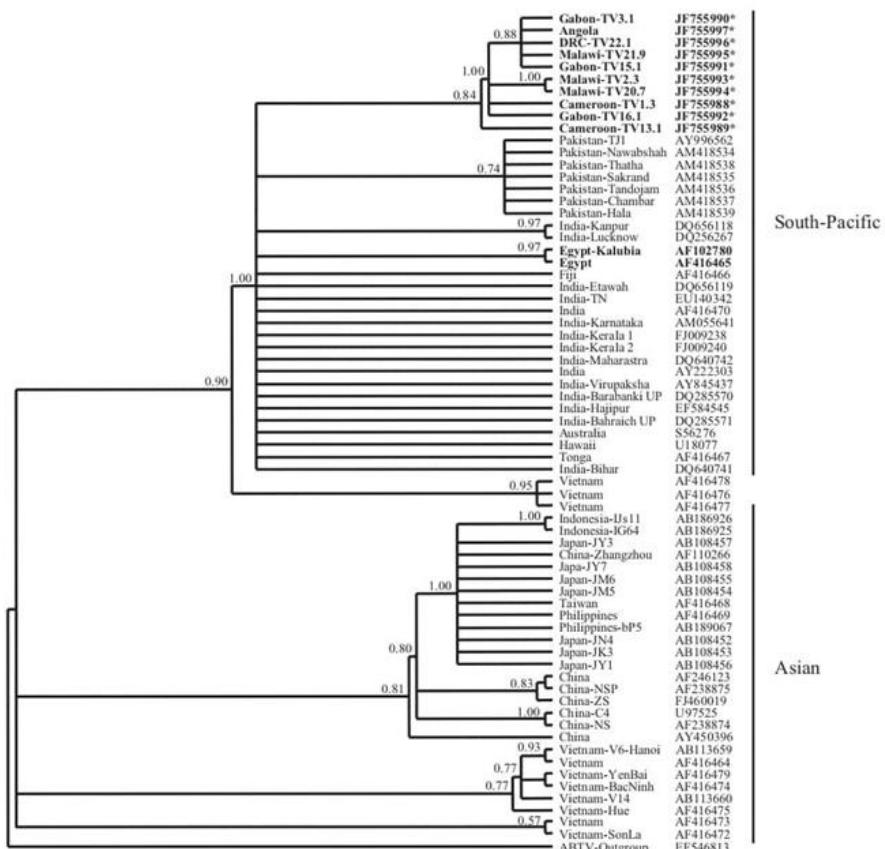


Figure 8: Arbre phylogénique montrant les relations phylogénétiques basées sur l'ADN-S

Cet Arbre phylogénique montre les relations phylogénétiques basées sur l'ADN-S codant pour la protéine de capsidé entre 11 isolats de BBTV d'Afrique subsaharienne (ASS) et 43 isolats d'autres régions. Les relations phylogénétiques ont été déduites à l'aide de la méthode bayésienne basée sur l'évolution, tandis que les paramètres du modèle évolutif ont été déterminés à l'aide de DT-ModSel (Minin et al., 2003). La séquence correspondante de l'Abaca bunchy top virus (ABTV, genre Babuvirus) a été utilisée comme Outgroup. Les chiffres aux nœuds des arbres représentent les valeurs des probabilités a posteriori bayésiennes. Les isolats de l'Afrique subsaharienne sont indiqués en gras (Kumar et al., 2011).

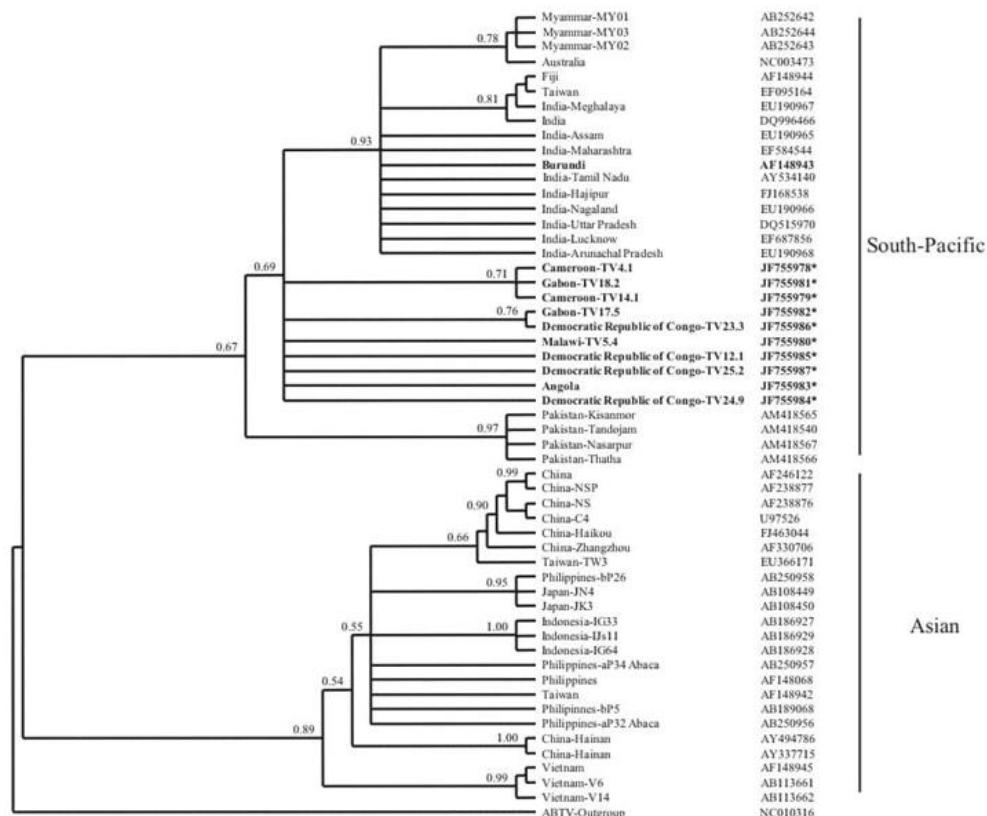


Figure 9: Arbre phylogénétique montrant les relations phylogénétiques basées sur l'ADN-R

Cet Arbre phylogénétique montre les relations phylogénétiques basées sur l'ADN-R codant pour la protéine réplicase entre 12 isolats de BBTV provenant d'Afrique subsaharienne (ASS) et 56 isolats provenant d'autres régions. Les relations phylogénétiques ont été déduites à l'aide de la méthode bayésienne basée sur l'évolution, tandis que les paramètres du modèle évolutif ont été déterminés à l'aide de DT-ModSel (Minin et al., 2003). La séquence correspondante de l'Abaca bunchy top virus (ABTV, genre Babuvirus) a été utilisée comme outgroup. Les chiffres aux nœuds des arbres représentent les valeurs des probabilités a posteriori bayésiennes. Les isolats de l'Afrique subsaharienne sont indiqués en gras (Kumar et al., 2011).

## Stratégies de lutte contre BBTV et le contexte local

### Contrôle et gestion de la maladie

Ces dernières années l'extension de la maladie du bunchy top des bananiers devient de plus en grandissante dans plusieurs pays. Pour protéger la culture du bananier, des mesures de gestion du BBTD peuvent être mise en place à plusieurs niveaux. En effet, le BBTB cause des pertes énormes sur la

culture du bananier si les moyens ne sont pas mis en place pour les mesures de gestion.

Plusieurs approches sont utilisées telles que l'utilisation de techniques mécaniques comme l'éradication qui consiste à l'arrachage et la destruction systématique des plants attaqués.

L'utilisation des matériaux de plantation certifiée constitue aussi un moyen de limitation dans les zones touchées. En effet, il faut la disponibilité des plants exempts de virus issue de la technique *in vitro* pour distribuer ou vendre aux producteurs de bananier et plantain dans les zones touchées par la maladie. Ces plantes exemptes de maladies sont utilisées comme souches mères pour la propagation massive de matériel végétal sain (Su *et al.*, 2007). Cette approche soutenue par des systèmes de certification est déjà acceptée pour la lutte contre les maladies dans de nombreux pays d'Asie, en Australie et à Hawaï (Kumar *et al.*, 2015). Les mêmes auteurs confirment que dans certains pays comme l'Inde, des foyers récurrents dans les champs d'agriculteurs ont conduits à la formulation et l'application stricte de systèmes de certification, et des unités de production commerciale ont été accréditées pour la production des plants certifiés issus de la culture des tissus (*vitro* plants). Cette approche n'existe pas dans de nombreux pays d'Afrique subsaharienne où il n'existe pas de loi, de lignes directrices ou de systèmes de certification pour la production du matériel sain et cela accroît le risque de propagation du virus par le mouvement non réglementé et non certifié du matériel végétal d'une région à une autre, d'un pays à un autre.

La lutte chimique peut aussi se faire par l'utilisation des insecticides systémique contre l'agent vecteur *Pentalonia nigronervosa*. Mais l'utilisation des pesticides pour la lutte est préventive pour empêcher leur propagation à partir des plantes arrachées ou détruites pendant les programmes d'éradication (Hooks *et al.*, 2009). L'injection d'herbicides peut aussi être utilisée pour tuer les plants infectés. L'association d'herbicides et insecticide est recommandée pour tuer la plante et les pucerons sur les plants traités (Robson *et al.*, 2006). Mais ce sont des méthodes couteuses pour beaucoup d'agriculteurs. Car les coûts des pesticides et les préoccupations de leurs effets résiduels sur la santé et l'environnement ne favorisent pas souvent leur utilisation.

Jusqu'à présent, il n'existe pas de cultivars de bananier totalement résistant au BBTV. Mais les études montrent que certains cultivars avec le génome B (AAB et ABB) sont tolérants ou expriment des symptômes lentement que ceux du génome A (AA et AAA), à l'exemple de Cavendisch (Espino *et al.*, 1993; Ngatat *et al.*, 2013). L'évaluation de plusieurs cultivars de bananier et plantain en Afrique et Asie ont permis de voir une tolérance du BBTD manifesté par un taux d'infection faible ou lent. Mais certains cultivars se sont avérés aussi très sensibles au BBTV mais avec des différences dans la gravité des symptômes. Dans le cadre de la lutte du BBTD, les cultivars

tolérants doivent être utilisés pour la production en masse du matériel végétale de plantation à distribuer ou à vendre. Il faut aussi encourager la recherche du développement des variétés résistantes au BBTV pour contribuer aussi à la gestion de la maladie

Les programmes de formation et de sensibilisation des agriculteurs doivent être mise en place. Des programmes d'éducation et de suivi des planteurs ont aussi de l'impact pour contrôler l'extension du BBTD. Il s'agit de former les agriculteurs sur les symptômes et les méthodes de détections et les meilleures pratiques de gestion du BBTV.

La gestion du BBTV est un défi complexe, mais elle est cruciale pour maintenir la productivité et la durabilité de l'industrie de la banane. Elle repose sur une combinaison de mesures préventives, de contrôle des vecteurs, et de surveillance pour minimiser l'impact de cette maladie virale sur les plantations de bananes.

Il est important de noter que la distribution exacte de la maladie peut varier au fil du temps en raison de facteurs tels que la propagation des insectes vecteurs, les mesures de contrôle mises en place et les changements dans les pratiques agricoles. Les autorités agricoles de chaque pays où la maladie est présente travaillent généralement à la surveillance, à la prévention et à la gestion de la maladie pour protéger l'industrie de la banane. Certains pays et régions ont pris des mesures phytosanitaires strictes sur le BBTV qui est considéré comme une menace sérieuse.

Le tableau 4 présente la classification du *Banana bunchy Top Virus* (BBTV) dans différents pays et organisations phytosanitaires régionales d'après le site EPPO (2025) EPPO Global Database. A l'analyse de ce tableau le virus peut être classé en liste A1 (Organisme de quarantaine absent du pays, nécessitant des mesures strictes pour empêcher son introduction) ou A2 (Organisme de quarantaine présent, mais sous surveillance et nécessitant des mesures de contrôle pour limiter sa propagation) ou comme organisme de quarantaine (Organisme réglementé en tant que ravageur de quarantaine sans spécifier s'il est A1 ou A2).

**Tableau 3 :** Classification phytosanitaire du BBTV en fonction des pays ou Organisations régionales

Pays/ Organisation régionale	Indicatif	Code ISO	Année
Egypte	EG	Liste A2	2018
Maroc	MA	Organisme de quarantaine	2018
Argentine	AR	Liste A1	2019
Brésil	BR	Liste A1	2018
Mexique	MX	Organisme de quarantaine	2018
Paraguay	PY	Liste A1	1995
Bahrain	BH	Liste A1	2003
Iran	IR	Liste A1	2018
Israel	IL	Organisme de quarantaine	2009
Jordan	JO	Liste A1	2013

Turquie	TR	Liste A1	2016
APPPC	9B	Liste A2	1988
COSAVE	9D	Liste A2	2018
IAPSC	9E	Liste A2	1989
PPPO	9K	Liste A2	1993

Le BBTV est en liste A1 (organisme absent mais sous surveillance) en Argentine, Brésil, Paraguay, Bahreïn, Iran, Jordanie, et Turquie.

Le BBTV est en liste A2 (déjà présent mais sous contrôle) en Égypte et dans plusieurs organisations régionales (**APPPC** (Asia and Pacific Plant Protection Commission ou Commission de Protection des Plantes pour l'Asie et le Pacifique (Pays de la région Asie et le Pacifique)), **COSAVE** (Comité de la Santé Végétale du Cône Sud (Amérique du Sud)), **IAPSC** (Inter-African Phytosanitary Council ou Conseil Phytosanitaire Interafricain, sous l'Union Africaine), **PPPO** (Pacific Plant Protection Organization ou Organisation de Protection des Plantes du Pacifique (région Pacifique)). Ces organisations régionales jouent un rôle clé dans la surveillance, la prévention et la gestion des maladies des plantes, y compris le BBTV, en fonction des risques spécifiques à leur région. Le fait que plusieurs d'entre elles classent le BBTV en liste A2 montre que le virus est déjà présent dans certaines zones sous leur juridiction, nécessitant des mesures de contrôle et de confinement.

Certains pays comme le Maroc, le Mexique et Israël classent le BBTV comme un ravageur de quarantaine, sans préciser s'il est A1 ou A2.

### ***Situation du BBTV au Gabon***

Au Gabon, les premiers symptômes de la maladie virale du bunchy top des bananiers (BBTD) ont été observés en 1978, dans les plantations industrielles de bananiers plantains du Centre de FAO de N'Toum (province de l'Estuaire (G1) (Fouré et Manser, 1982). D'après les mêmes auteurs, aucun symptôme n'avait été relevé au Nord du Gabon (frontière camerounaise et équato-guinéenne) et au Sud –Est (frontière du Congo). Ils ont conclu qu'il existait deux possibilités d'introduction de cette maladie au Gabon : du Congo où la maladie était présente depuis 1958 ou suite à une introduction par des taïwanais qui travaillaient sur le riz et qui ont apporté des rejets infectés de bananiers. Il n'y a plus eu d'autres études sur cette maladie dans ce pays jusqu'en 2009 où les chercheurs ont réalisé des enquêtes de terrain dans quatre provinces du Gabon : Woleu Ntem (G9), Moyen Ogooué (G3), Estuaire (G1) et Ngounié (G4). Les résultats ont montré la présence de la maladie donc les trois provinces en dehors de Ngounié (G4). Durant ces enquêtes, 224 échantillons ont été prélevés et 74 étaient positifs au BBTV, soit une prévalence de 23% (Kumar *et al.*, 2011). Ces investigations n'ont pas été faites seulement dans ce pays mais dans d'autres pays de la sous-région. Depuis lors

le Gabon est impliqué dans plusieurs programmes de gestion et contrôle du BBTV sur le plan national et international. Des dernières campagnes de sensibilisation ont été mises en place comme celle en date de juillet 2017 dans le cadre d'un projet de la FAO et l'Etat Gabonais : projet TCP/SFC/3503 « Appui à la prévention et la gestion de la Maladie du Bunchy Top du Bananier (BBTD) au Cameroun, en Guinée Equatoriale et au Gabon » où des enquêtes de terrain ont été conduites pendant la période allant du 25 avril au 23 juillet 2016, dans les neuf (9) provinces du Gabon (<http://www.fao.org/africa/news/detail-news/fr/c/903078/>) et qui ont permis de récolté les échantillons analysés dans cette étude. Les résultats de ces enquêtes montrent que sur les 258 champs prospectés, la prévalence de la maladie était de 27,9% car le BBTD a été observé sur 8 provinces parmi les 9 que comptes le pays et ou les enquêtes ont été effectuées (ANDEIME EYENE Myriam Flore, 2017, résultats non publiés).

## Discussion

L'analyse de la littérature sur le Banana bunchy top virus (BBTV) met en évidence l'ampleur des menaces que représente cette maladie pour la culture du bananier, tant en Afrique qu'à l'échelle mondiale. Les symptômes caractéristiques du BBTD, bien décrits par plusieurs auteurs (Caruana, 2003 ; Tripathi et al., 2016), constituent un outil essentiel pour l'identification précoce, mais leur variabilité selon les génotypes de bananiers (*Musa acuminata* versus hybrides à génotype B) peut parfois compliquer parfois le diagnostic visuel. Cela explique l'importance des méthodes moléculaires modernes, telles que la PCR et le LAMP, qui garantissent une détection rapide et fiable même dans les cas d'infections latentes.

Sur le plan biologique et taxonomique, le BBTV, appartenant au genre *Babuvirus* (famille *Nanoviridae*), présente un génotype multipartite (Stainton et al., 2015) qui favorise une grande diversité génétique. Plusieurs études ont montré l'existence de clades géographiques distincts, ce qui reflète à la fois l'histoire évolutive du virus et les échanges commerciaux de matériel végétal contaminé. Cette diversité soulève la question de l'adaptation du virus à de nouvelles variétés et milieux écologiques, un point qui reste encore insuffisamment exploré en Afrique.

Concernant l'agent vecteur, *Pentalonia nigronervosa* demeure le principal responsable de la transmission du BBTV, mais les études suggèrent des différences d'efficacité de transmission selon les populations de pucerons et les conditions environnementales. Cela ouvre des perspectives sur la nécessité de mieux comprendre les dynamiques entre vecteur, hôte et virus pour améliorer les stratégies de lutte.

Sur le plan épidémiologique, la littérature converge pour montrer que une progression rapide de la maladie dans les zones de monoculture et où le

matériel végétal infecté est échangé sans contrôle. L'éradication réussie dans certains pays (par exemple en Togo) montre cependant qu'une gestion rigoureuse combinant utilisation de plants sains, surveillance stricte et destruction des foyers infectés peut réduire fortement la prévalence. Toutefois, dans des pays comme le Gabon, les données restent fragmentaires, ce qui complique l'évaluation de l'ampleur réelle de la maladie.

La distribution mondiale du BBTV, désormais établie sur plusieurs continents, confirme qu'il s'agit d'un problème phytosanitaire global. Sa présence en Afrique centrale, longtemps sous-estimée, doit être considérée comme un signal d'alerte pour renforcer les politiques phytosanitaires régionales.

Enfin, en matière de contrôle et de gestion, la littérature montre un consensus sur l'efficacité limitée des approches isolées. La lutte intégrée, incluant la gestion du vecteur, l'utilisation de matériel végétal certifié, les campagnes de sensibilisation et, à long terme, le développement de variétés résistantes, apparaît comme la voie la plus prometteuse. Néanmoins, l'absence de solutions curatives et la difficulté d'appliquer les mesures de quarantaine dans les systèmes agricoles traditionnels constituent des défis majeurs.

Ainsi, cette synthèse souligne que, malgré les avancées scientifiques notables sur le BBTV, de nombreuses lacunes subsistent : compréhension incomplète de la diversité virale en Afrique, manque de données épidémiologiques locales, et faible mise en œuvre de programmes coordonnés de lutte. Ces lacunes offrent autant de perspectives de recherche pour améliorer durablement la gestion de cette maladie et limiter ses impacts socio-économiques.

## Conclusion

L'étude a révélé que *Banana Bunchy Top Virus* (BBTV) est un pathogène viral majeur du bananier, responsable de la maladie du Bunchy Top (BBTD). Cette maladie cause des dégâts drastiques sur la culture du bananier de façon générale. Au cours de nos recherches, les résultats ont montré que ce virus se transmet un Puceron appelé *Pentolonia nigrornervosa* qui favorise la dissémination du virus. En effet, l'étude de la biologie et la taxonomie du BBTV est cruciale pour comprendre son cycle de vie, son interaction avec son hôte et son vecteur et même développer des stratégies de luttes adaptées. Il appartient à la famille des *Nanoviridae*, genre *Babuvirus*. Son génome est composé d'ADN circulaire segmenté qui se compose de plusieurs segments génomiques, ce qui lui confère une grande capacité d'adaptation et de propagation (Iskra-Caruana, 2003).

Les bananiers du genre *Musa* et *Ensete* sont les seuls hôtes connus du BBTV. La maîtrise de la transmission et de la propagation du BBTV repose sur des stratégies de lutte intégrée, incluant l'élimination des plantes infectées,

le contrôle des populations d'aphides et l'utilisation de plants sains pour limiter l'expansion de la maladie. En effet, les méthodes de diagnostiques existent en laboratoire (l'amplification de l'ADN viral par PCR et l'utilisation de techniques sérologiques qui ne sont accessible facilement) ou sur le terrain (diagnostiques visuels). Le virus est largement répandu dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales, affectant particulièrement les cultures de subsistance et les filières commerciales de la banane. Sa dynamique varie selon les régions. Sa distribution couvre l'Afrique, l'Asie, l'Océanie et certaines parties de l'Amérique, rendant sa gestion un défi international. Différentes souches ont été identifiées dans certaines régions montrant que le virus est divisé en deux grands groupes phylogénétiques majeurs le groupe Pacifique - Océans Indiens (PIO) et le Groupe Asie du Sud-Est (SEA) (Kumar *et al.*, 2011). Tous les isolats d'Afrique sont dans le groupe POI. Ces résultats montrent qu'il n'y a pas eu plusieurs introductions du virus en depuis son introduction en Egypte (Kumar *et al.*, 2011). Cette diversité constitue un défi supplémentaire pour le développement de stratégies de lutte efficaces.

En matière de contrôle et de gestion du BBTV, plusieurs approches ont été mises en place, incluant la prévention, la détection précoce par l'éradication des plants infectés, l'usage de matériel végétal sain, la lutte contre les vecteurs et l'application de mesures de quarantaine. L'introduction de variétés résistantes et les avancées biotechnologiques offrent des perspectives prometteuses, bien que leur mise en œuvre reste encore limitée. A cet effet, une coopération entre chercheurs, agriculteurs et autorités phytosanitaire pour appliquer des mesures adaptées à chaque région est à établir.

Cette synthèse bibliographique permet une meilleure compréhension sur la situation de *Banana bunchy top virus* et peut être un outil d'aide à la décision pour la gestion et le contrôle de la maladie du bunchy top des bananiers.

**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. Adegbola, R. O., Ayodeji, O., Awosusi, O. O., Atiri, G. I., & Kumar, P. L. (2013). First Report of Banana bunchy top virus in Banana and Plantain ( *Musa* spp.) in Nigeria. *Plant Disease*, 97(2), 290–290.

- <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-12-0745-PDN>
2. Allen, R.N.B., Barnier, N. C. (1977). The spread of bunchy top disease between banana plantation in the tweed rivers district during 1975-1976 in NSW. Gouvernement Document, pp 27–28.
  3. Allen, R. (1987). Further studies on epidemiological factors influencing control of banana bunchy top disease and evaluation of control measures by computer simulation. *Crop & Pasture Science*, 38, 373–382.
  4. Allen, R. N. (1978). Epidemiological Factors Influencing the Success of Roguing for the Control of Bunchy Top Disease of Bananas in New South Wales. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(3): 535-544
  5. Anhalt, M. D., & Almeida, R. P. P. (2008a). Effect of temperature, vector life stage, and plant access period on transmission of banana bunchy top virus to banana. *Phytopathology*, 98(6), 743–748. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-98-6-0743>
  6. Banerjee, A., Roy, S., Behere, G. T., Saikat, S., Kumar, S., & Ngachan, S. V. (2014). Identification and characterization of a distinct banana bunchy top virus isolate of Pacific-Indian Oceans group from North-East India. *Virus Research*, 183: 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2014.01.017>
  7. Bressan, A., & Watanabe, S. (2011). Immunofluorescence localisation of Banana bunchy top virus (family Nanoviridae) within the aphid vector, *Pentalonia nigronervosa*, suggests a virus tropism distinct from aphid-transmitted luteoviruses. *Virus Research*, 155(2): 520–525. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2010.12.005>
  8. Caruana, M.-L. (2003). Analyse du Risque Phytosanitaire (ARP): Banana bunchy top babuvirus - BBTV. *Rapport Agriculture Gouv.Fr*, 1–31.
  9. Caruana, M. L. (2003). Analyse du Risque Phytosanitaire ( ARP ): Banana streak badnavirus - BSV. *Rapport CIRAD*, 1–27. <https://doi.org/http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/BAN-c2.pdf>
  10. Chen, Y., & Hu, X. (2013). High-throughput detection of banana bunchy top virus in banana plants and aphids using real-time TaqMan ® PCR. *Journal of Virological Methods*, 193(1): 177–183. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2013.06.013>
  11. Dale, L. J. 1987. (1987). Banana bunchy top : An Economically important tropical plant virus disease. *Advances in Virus Research*, 33: 301–325.
  12. Drew, R. A., Moisander, J. A., & Smith, M. K. (1989). The transmission of banana bunchy-top virus in micropropagated bananas. *Plant cell, tissue and organ culture*, 16(3) : 187-193.

13. Drew, R. A., Moisander, J. A., & Smith, M. K. (1992). The transmission of banana bunchy top virus in micropropagated bananas. *Plant Cell Tissue Organ Cult.*, 28 : 203–205.
14. Elayabal, S., Subramaniam, S., & Selvarajan, R. (2014). Banana bunchy top disease (BBTD) symptom expression in banana and strategies for transgenic resistance: A review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27: 55–74. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v27i1.19197>
15. Espino, R. R. C., Johns, A. P., Juanillo, C., & Magnaye, L. (1993). Evaluation of Philippine banana cultivars for resistance to bunchy-top and fusarium wilt. *Proceedings of International Symposium on Recent Developments in Banana Cultivation Technology. ASPNET Book Series*, 89–102.
16. Fouré, E., & Manser, P. D. (1982). Note sur l'apparition au Gabon d'une grave maladie virale des bananiers et plantains: le bunchy top. *Fruits*, 37 : 409–414.
17. Geering, A. D. W., & Thomas, J. E. (1997). Search for alternative hosts of banana bunchy top virus in Australia. *Australasian Plant Pathology*. 26: 250–254.
18. Hafner, G. J., Harding, R. M., & Dale, J. L. (1995). Movement and transmission of banana bunchy top virus DNA component one in bananas. *Journal of General Virology*. 2279–2285.
19. Haible, D., Kober, S., & Jeske, H. (2006). Rolling circle amplification revolutionizes diagnosis and genomics of geminiviruses. *Journal of Virological Methods*. 135: 70550. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2006.01.017>
20. Hooks, C. R. R., Manandhar, R., Perez, E. P., & Wang, K. (2009). Comparative Susceptibility of Two Banana Cultivars to *Banana Bunchy Top Virus* Under Laboratory and Field Environments. *Journal of Economic Entomology*. 102(3), 8.
21. HU, J. S., WANG, M., SETHER, D., XIE, W., & LEONHARDT, K. W. (1996). Use of polymerase chain reaction (PCR) to study transmission of banana bunchy top virus by the banana aphid (*Pentalonia nigronervosa*). *Annals of Applied Biology*, 128(1) : 55–64. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1996.tb07089.x>
22. Iskra-Caruana, M.-L., F. Lheureux, et P.-Y. T. (2003). Les pararétrovirus endogènes (EPRV), voie nouvelle de transmission des virus de plantes. *Virologie* 7, 255–265.
23. Islam, M.N., Naqvi, A.R., Jan, A.T., & Haq., Q. M. (2010). Genetic Diversity and Possible Evidence of Recombination among Banana Bunchy Top Virus (BBTV) Isolates. *International Research Journal of Microbiology*, 1 : 1–12.

24. Karan, M., Harding, R. M. , & Dale, J. L. (1994). Evidence for two groups of banana bunchy top virus isolates. *Journal of General Virology*, 75 : 3541–3546.
25. Kumar, P. L., Hanna, R., Alabi, O. J., Soko, M. M., Oben, T. T., Vangu, G. H. P., & Naidu, R. a. (2011). *Banana bunchy top virus* in sub-Saharan Africa: investigations on virus distribution and diversity. *Virus Research*, 159(2): 71–182. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2011.04.021>
26. Kumar, P. L., Selvarajan, R., Iskra-Caruana, M. L., Chabannes, M., & Hanna, R. (2015). Biology, etiology, and control of virus diseases of banana and plantain. *Advances in Virus Research*, 91(1): 226–269. <https://doi.org/10.1016/bs.aivir.2014.10.006>
27. Magee, C. J. P. (1927). Investigation on the bunchy top disease of the banana. *Bulletin of the Council for Scientific and Industrial Research in Australia*, 30, 86.
28. Minin, V., Abdo, Z., Joyce, P., & Sullivan, J. (2003). Performance-Based Selection of Likelihood Models for Phylogeny Estimation. *Systematic Biology*, 52(5) : 674–683. <https://doi.org/10.1080/10635150390235494>
29. Mori, Y., & Notomi, T. (2009). Loop-mediated isothermal amplification ( LAMP ): a rapid , accurate , and cost-effective diagnostic method for infectious diseases. *Journal of Infection and Chemotherapy*, 15(2) : 62–69. <https://doi.org/10.1007/s10156-009-0669-9>
30. NGATAT, E. S. (2017). Banana bunchy top disease in cameroon: monitoring of the vector pentalonia nigronervosa (hemiptera: aphididae) and disease epidemiology. University of Dschang. P.130
31. Notomi, T., Okayama, H., Masubuchi, H., Yonekawa, T., Watanabe, K., Amino, N., & Hase, T. (2000). Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Research* 28(12): e63-e63
32. Opina, O., & Milloren, H. (1996). Dynamics of banana bunchy top within commercial populations of banana (Musa sp.) cv Lakatan. *Philippine Phytopathology*, 32: 75–82.
33. Peng, J., Zhang, J., Xia, Z., Li, Y., Huang, J., & Fan, Z. (2012). Rapid and sensitive detection of Banana bunchy top virus by loop-mediated isothermal amplification. *Journal of Virological*. 185 : 2012.
34. Pietersen, G., & Thomas, J. E. (2003). Overview of Musa virus diseases. *Plant Virology in Sub-Saharan Africa: Proceedings of a Conference Organized by IITA: 4-8 June 2001, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria*, p. 50.
35. Rahmah, S., Maryana, N., & Hidayat, P. (2021). Host preference of Pentalonia nigronervosa Coquerel and P . caladii van der Goot (

- Hemiptera : Aphididae ) on various host plants. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* P.694. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/694/1/012050>
36. Ram, R., & Summanwar, A. (1984). *Colocasia esculenta* (L) Schott: a reservoir of bunchy top disease of banana. *Current Science*, 53 : 145–146.
37. Robson, J. D., Wright, M. G., Almeida, R. P. P., Robson, J. D., & Wright, M. G. (2006). Within-Plant Distribution and Binomial Sampling of *Pentalonia nigronervosa* ( Hemiptera : Aphididae ) on Banana. *Journal of Economic Entomology*. 99(6) : 2185–2190.
38. Selvarajan, R., & Balasubramanian, V. (2014). Host – virus interactions in banana-infecting viruses. In *Plant Virus-Host Interaction: Molecular Approaches and Viral Evolution*. pp 57-77. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411584-2.00003-2>
39. Selvarajan, R., Balasubramanian, V., Dayakar, S., Sathiamoorthy, S., & Ahlawat, Y. S. (2010). Evaluation of immunological and molecular techniques for the detection of different isolates of Banana bunchy top virus in India. *Indian Phytopathology*, 63(3), 333–336.
40. Sharman, M., Thomas, J. E., Skabo, S., & Holton, T. A. (2008). 'bunchy top virus , a new member of the genus *Babuvirus* *Abaca* ( family *Nanoviridae* ). *Archives of virology*. 153: 135–147. <https://doi.org/10.1007/s00705-007-1077-z>
41. Smith, M. C., Holt, J., Kenyon, L., & Foot, C. (1998). Quantitative epidemiology of Banana Bunchy Top Virus Disease and its control. *Plant Pathology*, 47(2), 177–187. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1998.00230.x>
42. Stainton, D., Martin, D. P., Muhire, B. M., Lolohea, S., Halafihi, M., Lepoint, P., Blomme, G., Crew, K. S., Sharman, M., Kraberger, S., Dayaram, A., Walters, M., Collings, D. A., Mabvakure, B., Lemey, P., Harkins, G. W., Thomas, J. E., & Varsani, A. (2015a). The global distribution of *Banana bunchy top virus* reveals little evidence for frequent recent, human-mediated long distance dispersal events. *Virus Evolution*, 1(1) : 1-16. <https://doi.org/10.1093/ve/vev009>
43. Su, H., Hwang, A., Lee, S., & Chao, C. (2007). Conservation, Disease-indexing and Utilization of Pathogen-free Citrus and Banana Genetic Resources in Taiwan. *International Training-Workshop: The Conservation and Utilization of Tropical/Subtropical Plant Genetic Resource*. pp 1–24.
44. Thomas, J.E., Iskra-Caruana, M.-L. (2000). Consultancy on the eradication of BBTV in New Caledonia. *Rapport Cirad Montpellier, France*, pp 1–25.
45. Thomas, J. E., & Dietzgen, R. G. (1991). Purification, characterization

- and serological detection of virus-like particles associated with banana bunchy top disease in Australia. *Journal of General Virolog.* pp 217–224.
46. Thomas, J. E., & Jones, M. I. D. R. (1994). Maladies des Musa - Fiche technique n ° 4. La maladie du Bunchy top du Bananier. *inibap*. .
47. Tripathi, S., Patil, B. L., & Verma, R. (2016). Viral Diseases of Banana and Their Management. *Plant Viruses: Evolution and Management*. pp. 289–308. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-1406-2>
48. Vishnoi, R., & Krishna, A. S. (2009). Molecular characterization of an Indian isolate of Banana bunchy top virus based on six genomic DNA components. *Virus Genes*. pp 334–344. <https://doi.org/10.1007/s11262-009-0331-8>
49. Yu, N., Zhang, Y., Feng, T.-C., Wang, J.-H., Kulye, M., Yang, W.-J., Lin, Z.-S., Xiong, Z., & Liu, Z.-X. (2012). Cloning and sequence analysis of two banana bunchy top virus genomes in Hainan. *Virus Genes*. pp 488–494. <https://doi.org/10.1007/s11262-012-0718-9>

## Aspects épidémiologiques des infections sur matériel d'ostéosynthèse à HIA Omar Bongo Ondimba à propos de 119 cas

***Mikiela A.***

Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, Hôpital d'Instruction des Armées Omar Bongo Ondimba, Gabon

***Abiome Rodrigue***

Service de chirurgie orthopédique et traumatologique,  
CHU Amissa Bongo, Gabon

***Mba-Mba Cyprien***

Service de chirurgie orthopédique et traumatologique,  
CHU Owendo, Gabon

***Obiang-Enguie A.C.***

***Moussavou-Mouyombi J.***

Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, Hôpital d'Instruction des Armées Omar Bongo Ondimba, Gabon

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n27p196](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p196)

---

Submitted: 07 July 2025

Copyright 2025 Author(s)

Accepted: 27 September 2025

Under Creative Commons CC-BY 4.0

Published: 30 September 2025

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Mikiela, A., Abiome, R., Mba-Mba, C., Obiang-Enguie, A.C. & Moussavou-Mouyombi, J. (2025). *Aspects épidémiologiques des infections sur matériel d'ostéosynthèse à HIA Omar Bongo Ondimba à propos de 119 cas*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (27), 196. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n27p196>

---

### Résumé

Le but de l'étude était de décrire les aspects épidémiologiques des infections du site opératoire (ISO), et leur profil bactériologique dans le service de chirurgie orthopédique de l'Hôpital d'Instruction des Armées Omar BONGO ONDIMBA. **Patients et Méthode.** Il s'est agi d'une étude rétrospective sur 4 années. Ont été inclus les dossiers d'infection sur matériel d'ostéosynthèse. Ont été exclus les ISO sur arthroplastie et les dossiers incomplets. Les variables étudiées étaient socio démographiques, cliniques, paracliniques, et les résultats post-thérapeutiques. **Résultats.** L'étude a colligé 119 cas de ISO sur 846 patients ayant bénéficié une ostéosynthèse, soit une incidence de 14,1%. La population masculine représentait 76,5% des patients,

avec un ratio de 3,2. Les critères cliniques de diagnostique étaient dominés par l'écoulement permanent de la plaie opératoire (52,1%). Les prélevements ont analysé 23 cultures polymicrobiens et 80 cultures monomicrobiens. La bactériologie était stérile chez 16 patients (13,4 %). L'étude a permis d'isoler 126 souches bactériologiques dominées par le *Pseudomonas aeruginosa* (28,5%) et le *staphylococcus aureus* (20,6%). La prise en charge thérapeutique a été médico-chirurgicale pour tous les patients. Les spécificités étaient le maintien de l'implant (31,1%), l'ablation de l'implant sur foyer stable (58%) et l'ablation de l'implant avec relai par Exofixation (10,9%). L'évolution était marquée par la disparition du syndrome infectieux et consolidation chez 92% des patients. **Conclusion.** La survenue d'une IMO compromet le bénéfice d'une intervention. Une surveillance épidémiologique est nécessaire afin d'éviter l'émergence des germes multi résistants. L'optimisation des moyens diagnostiques et thérapeutiques ont permis d'améliorer les résultats.

---

**Mots-clés:** Complication, site opératoire, bactériologie, consolidation

---

## **Epidemiological Aspects of Infections on Osteosynthesis Equipment at HIA Omar Bongo Ondimba About 119 Cases**

***Mikiela A.***

Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, Hôpital d'Instruction des Armées Omar Bongo Ondimba, Gabon

***Abiome Rodrigue***

Service de chirurgie orthopédique et traumatologique,  
CHU Amissa Bongo, Gabon

***Mba-Mba Cyprien***

Service de chirurgie orthopédique et traumatologique,  
CHU Owendo, Gabon

***Obiang-Enguie A.C.***

***Moussavou-Mouyombi J.***

Service de chirurgie orthopédique et traumatologique, Hôpital d'Instruction des Armées Omar Bongo Ondimba, Gabon

---

### **Abstract**

The aim of the study was to describe the epidemiological aspects of surgical site infections and their bacteriological profile in the orthopedic surgery department of the Omar BONGO ONDIMBA Army Training Hospital. **Patients and Methods:** This was a 4-year retrospective study. Records of infections involving osteosynthetic hardware were included. Infections related to arthroplasty and incomplete records were excluded. The

variables studied were sociodemographic, clinical, and paraclinical variables, as well as post-treatment outcomes. **Results:** The study collected 119 cases of SSI among 846 patients who underwent osteosynthesis, representing an incidence of 14.1%. The male population represented 76.5% of patients, with a ratio of 3.2. The clinical diagnostic criteria were dominated by permanent drainage from the surgical wound (52.1%). The samples analyzed 23 polymicrobial cultures and 80 monomicrobial cultures. Bacteriology was sterile in 16 patients (13.4%). The study allowed the isolation of 126 bacteriological strains dominated by *Pseudomonas aeruginosa* (28.5%) and *Staphylococcus aureus* (20.6%). Therapeutic management was medical-surgical for all patients. The specificities were implant maintenance (31.1%), implant removal at a stable site (58%), and implant removal with relay by Exofixation (10.9%). The evolution was marked by the disappearance of the infectious syndrome and consolidation in 92% of patients. **Conclusion:** The occurrence of IMO compromises the benefit of surgery. Epidemiological surveillance is necessary to prevent the emergence of multi-resistant bacteria. Optimization of diagnostic and therapeutic methods has improved outcomes.

---

**Keywords:** Complication, surgical site, bacteriology, Consolidation

## Introduction

Une infection sur matériel d'ostéosynthèse (IMO) est une prolifération microbienne survenant dans l'année de la mise en place d'un implant (Kanassoua K., 2015). La prévalence des IMO a diminué depuis une dizaine d'année grâce à l'amélioration des techniques chirurgicales et à l'ensemble des précautions anti infectieuses (Abalo A. 2010. Ayouba G., 2022.). Toutefois, la survenue d'une infection du site opératoire (ISO) compromet le bénéfice d'une intervention en orthopédie traumatologie (Ayouba G., 2022.). Au Gabon, peu d'études ont été réalisées sur la question (Mba Mba C., 2023). En Afrique en général, le taux de IMO était assez élevé en 2010, soit 19 à 28% (Ouédraogo AS., 2011). Ce taux a diminué depuis les années 2020, soit 7 à 23% (Ouédraogo AS., 2011). Le corolaire est une augmentation de la durée d'hospitalisation et par conséquent du cout des soins (Farthouat P., 2009). Dans les pays occidentaux, ce taux est de 5 à 10% (Tekpa B., 2017).

Le but de l'étude était de décrire l'épidémiologie des IMO et le profil bactériologique dans le service de chirurgie orthopédique de l'Hôpital d'Instruction des Armées Omar BONGO ONDIMBA (HIAOBO).

## Matériel et Méthode

Il s'est agi d'une étude rétrospective descriptive et mono centrique. Elle s'est déroulée dans le service de chirurgie orthopédique de l'HIAOBO de

Janvier 2020 à Décembre 2022. La population étudiée a été les patients opérés, au bénéfice d'une ostéosynthèse et qui ont secondairement présenté une IMO. Les variables étudiées ont été les caractéristiques socio démographiques (âge, sexe, profession, lieu de résidence), le délai de consultation, les données de l'examen clinique et paraclinique, les comorbidités, le profil bactériologique et la prise en charge thérapeutique.

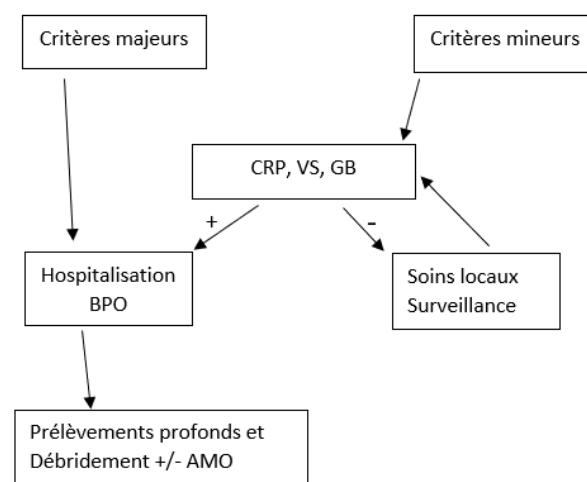
L'étude a inclus tous les patients qui ont présenté une infection du site opératoire sur matériel d'ostéosynthèse et dont les dossiers étaient complets (par la présence des variables énoncées ci-dessus) et exploitables. Les dossiers non inclus ont été incomplets, inexploitables et les patients perdus de vue. Le support de recueil a été les fiches de collecte. Cette collecte a été réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Excel. La confidentialité des données recueillies a été garantie.

Le diagnostic de IMO a été retenu selon les critères de l'Association pour l'Ostéosynthèse (AO), qui a distingué deux (2) types de critère (Tableau I). Le protocole décisionnel a été représenté sur la figure 1.

**Tableau I : Critères diagnostiques d'IMO selon l'Association pour l'Ostéosynthèse**

Critères majeurs	Critères mineurs
Fistule productive	Signes inflammatoires locaux
Suppuration de la plaie opératoire	Signes généraux
Présence de germes à la bactériologie	Ecoulement permanent de la plaie opératoire
	Epanchement à proximité de la plaie opératoire
	Biologie (GB, VS et CRP) élevée
	Imagerie (Lyse osseuse, Pseudarthrose, Séquestre, Réaction périostée)

GB : Globules blancs VS : Vitesse de sédimentation CRP : C- Réactine protéine



**Figure 1 : Arbre décisionnel selon les critères diagnostiques des IMO**

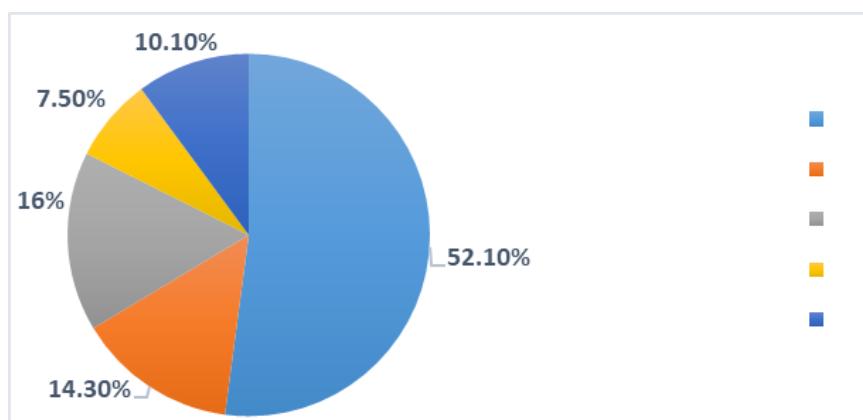
## Resultats

Au cours de la période d'étude, le Service de chirurgie orthopédique et traumatologique de l'HIAOBO a hospitalisé 1158 patients. Durant cette période, 846 patients ont bénéficié d'ostéosynthèse, soit une incidence de 73,1 %. Les lésions étaient les fractures (fermées ou ouvertes), les séquelles traumatiques (cals vicieux, pseudarthroses). Les implants utilisés étaient les clous Targon, les broches de Kirschner, les plaques vissées, les fixateurs externes, les Vis-plaques type DHS. L'ostéosynthèse était réalisée à foyer fermé (Clous et Broches) ou à foyer ouvert (plaques vissées, Vis-plaques) soit en urgence ou en chirurgie froide. Les IMO ont été observés chez 119 patients soit 14,1%.

La population étudiée était constituée de 91 hommes et 28 femmes soit un ratio de 3,2. L'âge médian était de 38,9 ans [19 – 67]. Les comorbidités étaient retrouvées chez 29 patients (24,4%). Ces dernières étaient HTA (n= 5), diabète (n=4), alcool (n= 12) tabagique (n= 3), drépanocytaire (n= 4), lupique (n= 1). Les populations dominantes dans l'étude provenaient des quartiers sous-intégrés (n= 97 ; 81,6%). Les professions dominantes étaient les travailleurs manuels (n=69 ; 58%), suivies des sans-emplois (n= 42 ; 35,3 %), et des cadres moyens travailleurs au bureaux (n= 8 ; 6,7 %). Les délais de survenu des IMO selon la topographie sont représentés dans le tableau II. Les signes cliniques dominant à l'admission sont représentés sur la figure 2. Aucun patient n'avait présenté des signes radiologiques suspects.

**Tableau II :** Délais de survenu des IMO selon la topographie lésionnelle

Délai de survenu	Membres supérieurs	Membres inférieurs	Total
Précoce (avant 2 semaines)	-	17	17 (14,3%)
Subaigu (2 à 10 semaines)	31	48	79 (66,5%)
Tardives (après 10 semaines)	4	19	23 (19,2%)
<b>Total</b>	<b>35 (29,4%)</b>	<b>84 (70,6%)</b>	<b>119</b>



**Fig 2 :** Signes cliniques dominants

**Légende :**

1. Fistules productives (14,3%)
2. Suppuration de la plaie (16%)
3. Signes inflammatoires locaux (7,5%)
4. Epanchement à proximité de la plaie opératoire (10,1%)
5. Ecoulement permanent de la plaie opératoire (52,1%)

Tous les patients de l'étude ont bénéficié de prélèvements profonds pour examen cytobactériologique et antibiogramme. L'analyse des prélèvements a donné lieu à 103 cultures positives soit 86,5% des prélèvements. L'étude a permis d'analyser 23 cultures poly microbiens (2 germes) et 80 cultures mono microbien. Au total 7 espèces bactériennes ont été identifiés pour un effectif de 126 souches bactériennes isolées et représentées dans le tableau 3. La bactériologie était stérile chez 16 patients, soit 13,4 %.

**Tableau 3 : Effectif des Germes identifiés**

Germes	Effectifs	%	BMR
	N		
Pseudomonas aeruginosa	36	28,5	6
Escherichia coli	18	14,3	7
Archomobacter xylosodans	6	4,8	-
Streptococcus pneumoniae	13	10,3	-
Staphylococcus aureus	26	20,6	5
Proteus mirabelis	6	4,8	-
Klebsiella pneumoniae	21	16,7	2
<b>Total</b>	<b>126</b>		

°BMR : Bacilles multi résistants

Le traitement chirurgical a été réalisé chez tous les patients. Ce traitement a consisté soit à un débridement et maintien de l'implant en cas de délai inférieur à 21 jours post-opératoire (n= 37 ; 31,1%), soit à un débridement et ablation de l'implant en cas de délai supérieur à 21 jours post-opératoire en espérant être en présence d'un cal osseux stable (n= 69 ; 58%). A défaut de stabilité, le relai était pris par Exofixation (n= 13 ; 10,9%).

Tous les patients ont bénéficié également d'une Bi-antibiothérapie d'abord probabiliste, et secondairement adaptée selon l'antibiogramme, avec implication des infectiologues. Les soins locaux post-opératoires étaient systématiques toutes les 48 heures chez tous les patients. La surveillance évolutive du syndrome infectieux était portée sur la NFS, la CRP, la VS. Ces valeurs étaient en régression chez 92% des patients jusqu'à cicatrisation complète, avec un délai moyen de guérison de 107 jours [87 – 184]. Les 8% restant ont été évacué sanitaire à l'étranger devant la chronicité de l'infection.

## Discussion

L'infection est une prolifération microbienne ayant comme conséquences des réactions cellulaires, tissulaires ou générale. Ces dernières se traduisent le plus souvent par un syndrome inflammatoire (Boukhris J., 2019). La contamination du site opératoire survient le plus souvent au cours de la période opératoire, soit à partir de la flore du patient, présente avant l'incision, soit à partir de la flore du personnel, soit à partir des solutions antiseptiques ou d'instruments contaminés (Kanassoua K., 2015). La prévalence des ISO a diminué depuis une dizaine d'année grâce à l'amélioration des techniques chirurgicales et de l'ensemble des précautions anti-infectieuses (Touré L., 2020).

L'étude a rapporté 846 patients opérés. Les IMO ont été observé chez 14,1% des patients. Une étude préliminaire au Gabon (Mba Mba C., 2023) a rapporté 12% de IMO dans une série de 271 patients sur 6 mois. En revanche au Togo, Abalo (2010) a rapportés un taux de 23% dans une étude préliminaire en 2010 à Lomé sur 189 patients. Ces taux sont certes élevés, mais restent dans la zone de prévalence globale (19 à 28%) dans les années 2010 en Afrique (Abalo A., 2010. Bagheri N., 2011. Boukhris J., 2019. Bouzid J., 2015). Ce taux était en baisse depuis 2020 soit 7 à 23% (Ouédraogo AS., 2011).

L'étude a rapporté une prédominance masculine avec un ratio de 3,2 et surtout chez des populations économiquement faibles (86,5%). Ces résultats sont similaires aux travaux de certains auteurs (Ouédraogo AS., 2011. Garba I., 2018.) qui ont rapportés une prédominance masculine avec un ratio de 2,2% surtout chez des populations des zones sous-intégrées. Ce qui pourrait être expliqué par le non-respect des rendez-vous pour les soins post-opératoires faute de moyens financiers, associés à une hygiène corporelle précaire.

Les comorbidités étaient retrouvées chez 26,1% des patients de notre série. De nombreuses études (Ayoub G., 2022. Bouzid J., 2015. Ouédraogo AS., 2011.) ont rapportés un risque assez élevé de ISO chez les patients porteurs de comorbidité. Les autres facteurs de risque sont liés à l'acte chirurgical (durée de l'intervention), au contexte hospitalier comme le niveau d'hygiène, et les conditions d'intervention (Backes M., 2014.). Ce dernier existe dans nos pays sous forme de d'insuffisance de personnel qualifié, des locaux inadaptés et le défaut de consommable, voir défaut du linge à usage unique.

Les délais de survenue de IMO dans notre série étaient en majorité subaigu, soit 66,5% des cas. La localisation dominante était le membre inférieur, soit 70,6% des cas. La survenue en majorité tardive a été retrouvé chez certains auteurs dans une étude préliminaire (Mba Mba C., 2023). La détection des formes subaiguës dans notre étude pourrait s'expliquer par la vigilance du personnel soignant lors des consultations des anciens patients. Certains auteurs (Solomalala et al. 2015) ont rapportés la localisation

prédominante aux membres inférieurs, d'autant plus fréquente que la chirurgie était pratiquée à ciel ouvert.

Plusieurs auteurs (Abdoulaye O., 2018. Ayouba G., 2022.) s'accordent sur l'apparition tardive ou subaigu en faveur des facteurs liés à la structure hospitalière ou à l'acte chirurgical. Quant aux ISO précoce, elles témoignent d'une rupture dans la chaîne de stérilisation (Abalo A., 2010. Ayouba G., 2022. Backes M., 2014. Bouzid J., 2015).

Les signes cliniques observés sont repartis selon les critères de l'AO. Dans l'étude, les signes cliniques étaient dominés par les écoulements permanents de la plaie opératoire (52,1%) suivi des suppurations des plaies (16%). Parmi les critères mineurs, la douleur et l'œdème étaient présents chez tous les patients. Certaines séries (Ayouba G., 2022) ont rapportés des fistules productives comme critères majeurs dominant (60%), alors que les critères mineurs dominants étaient représentés par la fièvre (8,3%), la douleur (61,7%) et l'œdème (60%). D'autres séries (Mba Mba C., 2023) ont rapportés les fistules productives (53,8%) comme critères majeur dominant, alors que seule la douleur était l'unique critère mineur dominant chez 69,2%. Cette disparité peut s'expliquer dans notre étude par la détection précoce des signes cliniques au cours des consultations des anciens malades.

Le siège dominant des IMO dans notre série était les Os longs des membres inférieurs (66,5%) d'autant plus fréquent que la chirurgie était pratiquée à foyer ouvert. Certains auteurs (Solofo Malala, 2015) ont rapporté des résultats similaires à hauteur de 77%. En effet, les membres pelviens sont non seulement plus exposés aux traumatismes, mais la chirurgie à foyer ouvert augmente le risque de complication infectieuse (Krissian S., 2019).

Les germes identifiés dans l'étude étaient dominés par *Pseudomonas aeruginosa* (28,5%), suivi du *Staphylococcus Aureus* (20,6%) et du *Klebsiella Pneumoniae* (16,7%). Plusieurs auteurs (Abalo A., 2010. Garba I., 2018. Metsemakers WJ., 2020. Spitzmuller R., 2015) s'accordent sur la présence du *Staphylococcus Aureus* comme chef de file des ISO, suivi du *Klebsiella*. Certaines séries (Ayouba G., 2022) ont rapportés le *Pseudomonas Eruginosa* en 2<sup>e</sup> rang. En Europe (Krissian S., 2019) le *Staphylococcus Aureus* a été rapporté au 1<sup>er</sup> rang des ISO, suivi d'*Enterobacter cloacae*. A Madagascar (Solofo Malala, 2015) une prédominance de *Pseudomonas* suivi du *Staphylococcus* a été rapporté. Cette différence dans la distribution des espèces bactériennes semble être liée à l'écologie microbien de chaque service (Abalo A., 2010. Farthouat P., 2009).

La prescription de l'antibiothérapie dans notre série était du ressort de l'infectiologue. Tous les patients, dans un premier temps, avaient bénéficié d'une bi-antibiothérapie probabiliste après un débridement associé au prélèvement bactériologique peropératoire. Notre attitude dans un second temps était de conserver l'implant si l'ISO survenait avant la 3<sup>e</sup> semaine.

Certains auteurs (Metsemakers WJ., 2020. Spitzmuller R., 2015.) ont rapporté de conserver l'implant si l'ISO survenait avant la 10<sup>e</sup> semaine, en espérant obtenir un foyer stable. Par contre d'autres (Krissian S., 2019) ont proposé l'ablation du matériel si la stabilité est possible avant la 10<sup>e</sup> semaine ou si besoin un relai par Exofixation. Plusieurs auteurs (Ayoubab G., 2022. Bagheri N., 2011. Chu K., 2015. Moriarty TF. 2016) ont proposé quatre attitudes. Ablation définitif de l'implant ; Débridement avec implant en place ; Débridement avec changement de l'implant en 1 temps ; Débridement avec changement de l'implant en 2 temps.

Toutefois le maintien de l'implant ne se justifie plus car le biofilm se forme en quelques jours (Ayoubab G., 2022. Barendreg JJ., 2013. Metsemakers WJ., 2020. Nwankwo E., 2014). L'antibiothérapie sera adaptée à l'antibiogramme. La durée et les modalités de l'antibiothérapie dépendront du germe, de la présence ou non du matériel et du terrain (Ikeanyi UOE., 2013. Krissian S., 2019) en collaboration avec les infectiologues pour un suivi optimal.

Les limites de l'étude sont représentées par son caractère monocentrique, et le court délai de réalisation

## Conclusion

L'infection du site opératoire est une complication grave susceptible de compromettre le pronostic, par conséquent elle peut influer négativement sur le résultat de l'acte chirurgical. Le respect strict de la chaîne de stérilisation est de rigueur, associé à une bonne hygiène de vie des patients. Une surveillance épidémiologique permet d'éviter l'émergence des germes multi-résistants.

## Contribution des auteurs:

- Anicet Mikiela : Réalisation des chirurgies, conception de l'étude et rédaction de l'article.
- Rodrigue Abiome : Réalisation des chirurgies et révision du manuscrit.
- Cyprien Mba Mba : Analyse et interprétation des données, révision du manuscrit.
- Aimé Constant Obiang Enguie : Réalisation des chirurgies et révision du manuscrit.
- Julie Moussavou Mouyombi : Révision du manuscrit.

**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.

**Déclaration pour les participants humains :** Cette étude a été approuvée par La direction de l'Hôpital représenté par le Medécin-Chef, le Professeur Christine Murielle ESSOMO MEGNIER MBO et les principes de la déclaration d'Helsinki ont été respectés.

**References:**

1. Abalo A, Walla A, Ayouba G, Ndjam M, Agounké W, Dossim A. Infection du site opératoire en chirurgie orthopédique dans un pays en voie de développement. *Rev Chir Orthop Traumato.* 2010 ; 96 (1) : 112 – 7.
2. Abdoulaye O, Laouali M, Amadou H. Epidemiological and bacteriological features of surgical site infections in the division of surgery at the Niamey National Hospital. *Pan African Medical Journal* 2018; 31: 1-5.
3. Ayouba G, Bakriga B, Dellanh, Kombate NK, Towoezim YYTH, Akloa KEK, Abalo A. Infection sur matériel d'ostéosynthèse en orthopédie : Problématique de la prise en charge au CHU Sylvanus Olympio de Lomé. *Health Sci. Dis.* Vol 23 (6) June 2022 pp 77 – 81
4. Backes M, Schepers T, Beerekamp MSH. Wound infections following open reduction and internal fixation of calcaneal fractures with extended lateral approach. *Int Orthop* 2014; 38: 767-73.
5. Bagheri Nejad S, Allegranzi B, Syed SB. Health-care-associated infection in Africa: a systematic review. *Bull World Health Organ.* 2011; 89 (10): 757-65.
6. Barendregt JJ, Doi SA, Lee YY. Meta-analysis of prevalence. *J Epidemiol Community Health.* 2013; 67 (11) 974-8.
7. Boukhris J, Boussaidane M, Chafry B, Benchebba D, Bouabid S, Boussouga M. Conduite à tenir devant une infection sur matériel d'ostéosynthèse. Mise au point. *Revue Marocaine de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique* N° 80. 2019 ; 11-8.
8. Bouzid J, Bouhlal A, Chahlaoui A, Aababou S, Aarab M, Jari I. Détermination de la prévalence des infections du site opératoire chez les opérés de l'Hôpital Mohamed V de Meknes. *Médecine tropicale*, 2015; 14 (2) : 10-3.
9. Chu K, Maine R, Trelles M. Cesarean section surgical site infection in sub-saharan Africa : a multi-country study from Medecins sans frontiers. *World J Surg.* 2015; 39 (2): 350-5.

10. Farthouat P, Ogougbevy M, Million A, Sow A, Fall O, Dieng D. Infection du site opératoire en chirurgie viscérale. Etude prospective à l'Hôpital Principal de Dakar. *Med Afri Noire*, 2009 ; 56 : 143-8
11. Garba I, Mohamed AW, Younsa H, Habibou DDM, Hans-Moevi. L'infection du site opératoire en chirurgie orthopédique propre au CNHU-HKM de Cotonou. *Health Sci. Dis* 2018 ; 19 : 1-2.
12. Govaert GAM, Kuelit R, Atkins BI. Diagnosing Fracture-Related Infection: Current Concepts and recommendation. *J Orthop Trauma*. Janv 2020 ; 34(1) : 8-17.
13. Ikeanyi UOE, Chukwuka CN, Chukwuanukwu TOG. Risk factors for surgical site infections following clean orthopaedic operations. *Niger J Clin Pract*. 2013; 16 (4): 443-47.
14. Kanassoua K, Kassengne I, Sakiye E, Adabra B, Tchangai B, Songne B. Infection du site opératoire en chirurgie générale dans un hôpital régional du Togo. *Rev cames Santé*. 2015 Vol 3 (2): 50 – 4.
15. Krissian S, Samargandi R, Druon J, Rosset P, LeNail LR. Le mauvais pronostic des complications infectieuses après traitement chirurgical des fractures et luxations de cheville et de l'arrière pied. *Rev de Chir Orthop Trauma*. 105 (2019) 705-710.
16. Mba Mba C, Nguibanda L, Okome Obiang I. Les infections sur matériel d'ostéosynthèse au CHU d'Owendo. Aspects épidémiologique, bactériologique et thérapeutique. *Health Sci. Dis*. 2023 ; 24 (10) : 78 – 82.
17. Metsemakers WJ, Morgenstern M, Senneville E, Borens O, Govaert GAM. General treatment principles for fracture related infection: recommendations from an international expert group. *Arch Orthop Trauma Surg* 2020; 140 (8): 1013-27.
18. Moriaty TF, Kuehl R, Coenye T, Metsemakers WJ, Morgenstern M, Schwarz EM. Orthopaedic device-related infection: current and future intervention for improved prevention and treatment. *EFFORT Open Rev* 2016; 1 (4): 89-99.
19. Nwankwo E, Edino S, Seasonal variation and risk associated with surgical site infection rate in Kano, Nigeria. *Turk J Med Sci*. 2014; 44 (4): 674-80.
20. Ouedraogo AS, Somé DA, Dakouré PWH. Profil bactériologique des infections du site opératoire au CHU Souro Sanou de Bobo Dioulasso. *Médecine tropicale* ; 2011 ; 71 (1) 49 – 52
21. Solofo malala, Duval G, Razafimahandry JC. Fréquence et caractéristiques des infections sur matériel d'ostéosynthèse au CHU JRA. *Journal de médecine et thérapeutique* 2015 : 1 (1) 2-3.
22. Spitzmuller R, Gumbel D, Guthoff C, Zaatreh S, Klinder A, Napp M. Duration of antibiotic treatment and risk of recurrence after surgical

- management of orthopaedic device infections: a multicenter case control study. *BMC Musculoskelet Disord* 2019; 20; 184: 1-10.
23. Tekpa BJD, Tekpa G, Mapouka PAI, Djimong-Manda CD, Ngbanghan E, Koffi B. La prévention des infections du site opératoire en orthopédie, dans un pays en voie de développement. *Rev Chir Orthopédique Traumatol* 2017 ; 103(7) : 823-7.
24. Touré L, Lawson E, Chigblo P, Traore T, Amossou F, Tidjani T. Incidence, Etiologie et Facteurs de risques des infections du site opératoire en orthopédie-traumatologie à Cotonou. *Health Sci. Dis* : Vol 21 (8) August 2020 pp 62-66.