

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

*May 2024*

**European Scientific Institute, ESI**

*The content is peer reviewed*

**ESJ Natural/Life/Medical Sciences**

*May 2024 edition vol. 20, No. 15*

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

ISSN: 1857-7431 (Online)

ISSN: 1857-7881 (Print)

---

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

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

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

---

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

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

*Sincerely,*

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

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

*Editor in Chief*

---

# International Editorial Board

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**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, Saarbrücken, 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 Lorinzi,**  
University of Cagliari, Italy

**Giuseppe Cataldi,**  
University of Naples "L'Orientale", Italy

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

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

**Adil Jamil,**  
Amman University, Jordan

**Habib Kazzi,**  
Lebanese University, Lebanon

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

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

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

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

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

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

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

**Pablo Alejandro Olavegogeoascoechea,**  
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 Gentzoglanis,**  
University of Sherbrooke, Canada

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

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

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

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

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

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

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

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

**Evelio Velis,**  
Barry University, USA

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

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

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

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

**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. Cyrill and Methodius Trnava, Slovakia

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

**Natalia Sizochenko**  
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 Saliq,**  
University of Vlora, Albania

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Fatma Koc,**  
Gazi University, Turkey

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

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

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

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

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

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

**Amarjit Singh,**  
Kurukshetra University, India

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

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

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

**Rokia Sanogo,**  
University USTTB, Mali

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

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

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

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

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

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

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

**Eyal Lewin,**  
Ariel University, Israel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Vanya 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 Guede, Ivory Coast

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

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

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

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

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

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

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

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

**Gamal Elgezeery,**  
Suez University, Egypt

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Aderewa Amontcha,**  
Universite 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 Setif1 University, Algeria

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

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

**Nina Stankous,**  
National University, USA

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

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

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

**Elena Hunt,**  
Laurentian University, Canada

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

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

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

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

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

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

**Eveligh 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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Elham Mohammadi,**  
Curtin University, Australia

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

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

**Yue Cao,**  
Southeast University, China

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

**Asli Cazorla Milla,**  
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 Tulio Ceron Lopez,**  
Institute of University Studies, Mexico

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

**Hadi Sutopo,**  
Topazart, Indonesia

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

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

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

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

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

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

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

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

**Franca Daniele,**  
"G. d'Annunzio" University, Chieti-Pescara, Italy

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

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

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

**Abu Hamja,**  
Aalborg University, Denmark

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Enriko Ceko,**  
Wisdom University, Albania

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

**Mauro Berumen,**  
Caribbean University, Mexico

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Usama Konbr,**  
Tanta University, Egypt

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Salwa Alinat,**  
Open University, Israel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Ehsaneh Nejad Mohammad Nameghi,**  
Islamic Azad University, Iran

**Mohamed Elsayed Elnaggar,**  
The National Egyptian E-Learning University , Egypt

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Luan Bekteshi,**  
"Barleti" University, Albania

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Suphi Ural,**  
Cukurova University, Turkey

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

**Selcuk Poyraz,**  
Adiyaman University, Turkey

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

**Umut Sener,**  
Aksaray University, Turkey

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Johana Hajdini,**  
University "G. d'Annunzio" of Chieti-Pescara, Italy

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Abdul Basit,**  
Zhejiang University, China

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

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

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

**Dolantina Hyka,**  
Mediterranean University of Albania

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Luis Enrique Acosta Gonzlez,**  
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

# Table of Contents:

**Avances en Biocerámicas para la Regeneración Ósea: De Materiales Bioinertes a Compuestos Bioactivos.....1**

*Ernesto A. Ibarra*

*Raul Adames*

*Jorge Castro*

*Sofia Guevara*

*Luis Estrada Petrocelli*

*Diego Reginensi*

*Jay Molino*

*Mahelys Vasquez*

**Conocimiento del Anticonceptivo de Emergencia O “Píldora del Día Siguiente”, en Estudiantes Universitarios.....33**

*América Guadalupe Esquivel Ruiz*

*Maribel Guadalupe Espino Ángeles*

*María Fernanda Rodríguez Rodríguez*

*René Rico Sánchez*

*Sarket Gizeh Juárez Nilo*

*Adriana Martínez Díaz*

*María Carlota García Gutiérrez*

*Ruth Magdalena Gallegos Torres*

**Analyses spatiales de population de *Furcifer labordi* (Grandidier, 1872)  
dans la Réserve Spéciale d'Andranomena, Morondava-  
Madagascar.....48**

*Nirindrainiarivony Philibertin Honoré Djadagna Ahy*

*Achille Philippe Raselimanana*

*Lily-Arison René De Roland*

*Willy Nathoo Veriza*

*Daudet Andriafidison*

**Expérience de prise en charge de *Xeroderma Pigmentosum* au service de  
Dermatologie-vénérologie à Cotonou.....77**

*Peggy Mboli-Goumba Guérendo*

*Boh Fanta Diané*

*Nadège Agbessi Mekoun*

*Christiane Koudoukpo*

*Fabrice Akpadja*

*Bérénice Dégboé*

**Thyroidectomie dans deux Hopitaux de Reference du Niger : Indications  
et Resultats au Niger.....85**

*Boka Tounga Yahouza*

*Kadi Ide*

*Saidou Adama*

*Ille Salha*

*Hamma Younsa*

*Lassey James Didier*

*Sani Rachid*

**Rage par morsure de chien dans le département du plateau (République du Bénin) : étude Connaissances Attitudes et Pratiques en communauté et chez les agents de santé.....101**

*Agossoukpe Benoît Sedegnon*

*Wanvoegbe Finagnon Armand*

*Barikissou Damien Georgia*

*Coovi Nonwanou Ignace Tokpanoude*

*Elvire Sègnon Eurydice Djossou*

*Gilchrist Mègnissè Orphé Laly*

*Phinées Adégbola*

*Tagnon Gautier Raphaël Gnonlonfoun*

*Badirou Aguemon*

**Impact des matériaux de protection des puits traditionnels à usage domestique sur la qualité de l'eau : cas de la commune de Yopougon, Abidjan (Côte d'Ivoire).....129**

*Agness Essoh Jean Eudes Yves Gnagne*

*Wolfgang Yapo*

*Tiama Guy Nicaise Ballet*

*Tiedaba Traore*

*Gnahoua Magloire Okou*

**Prolapsus gravidique : facteurs de risque, complications et prise en charge en Afrique sub-saharienne.....147**

*Diaouga H. Soumana*

*Yacouba M Chaibou*

*M. Oumara*

*Lauren H. Lazare*

*Rah. M. Garba*

*N. Idi*

*M. Nayama*

**Phytochimie et evaluation de la toxicite des extraits de *Sida acuta*.....164**

*Youssouf Zanga Traore*

*Monon Kone*

*Brahima Kande*

*Nathalie Guessennnd Kouadio*

**Etude préliminaire de la diversité et de la structure du peuplement zooplanctonique de la rivière Okpara au Bénin.....175**

*Rafiou Raoul Thierry Gouton*

*Koudjodé Simon Abahi*

*Pierre Midogbo Gnohossou*

*Hotèkpo Hervé Akodogbo*

*Fridolin Dossou-Sognon*

*Dona Ulriche Hounou Assogba*

*Ayodélé Shola David Darius Adje*

**Impact de la restauration des zones dégradées sur la diversité floristique  
de la forêt classée d'Agbo 2 (Centre-Est de la Côte d'Ivoire).....200**

*Youssouf Koné*

*Sopie Cybèle Doffou*

*Kouassi Kouadio*

**Assessing the Quality of Shellfish Harvesting Areas: The Case of the  
Oualidia and Sidi Moussa Lagoons in Morocco.....223**

*K. Khbaya*

*F-Z. Bouthir*

*R. Cherkaoui*

*E. M. Kabiri*

*R. Chfiri*

*A. Bessa*

**Factores De Riesgo En La Automedicación De Adultos En Santa Rosa  
Jáuregui, Querétaro.....236**

*Alejandra Camacho Olvera*

*Alberto Juárez Lira*

**Pétrographie et géochimie des leucogranites de la région de Sassandra  
(Domaine Baoulé-Mossi au sud-ouest de la Côte d'Ivoire).....250**

*Clovis Blanchard Gballou*

*Alain Nicaise Kouamelan*

*N'Guéssan Nestor Houssou*

*Joseph Koffi Brou*

**Activités anthropiques, sources de pollutions chimiques des rivières Sô et  
Djonou tributaires du lac Nokoué.....274**

*Wilfrid Noudéhouénou Atchichoe*

*Flavien Edia Dovonou*

*Firmin Adandedji*

*Dansou Sourou Barthélémy*

*Firmin Eninhou*

**Gestion de l'environnement dans les villes industrielles : faillite de la  
responsabilité sociale des entreprises ou absence de contrôle des  
communes ? L'exemple de Douala au Cameroun.....296**

*Nokam Motio Nina Gaëlle*

*Aristide Yemmafouo*

**Infection Medullaire A Schistosoma Mansoni Mimant Une  
Tumeur.....329**

*Assata Sylla*

*Hiénéya Armel Karidioula*

*Any Gnazégbo*

*Bah Abdoul Kader Koné*

*Yannick Thibaut Koffi*

*Akissi Sandrine Josette Kouakou*

*Yéné Léa Constante Karidioula*

*Aïcha Touré*

*Mohamed Lamine Doumbia*

*Djakaridja Koné*

*Elisée Kotchi Bony*

*Ange-Eric Kouamé-Assouan*

## Avances en Biocerámicas para la Regeneración Ósea: De Materiales Bioinertes a Compuestos Bioactivos

***Dr. Ernesto A. Ibarra***

Universidad Tecnológica de Panamá, Campus Victor Levi Sasso,  
Vía Centenario, Panamá, Provincia de Panamá

***Raul Adames, Ing.***

***Jorge Castro, Ing.***

***Sofia Guevara, Ing.***

***Dr. Luis Estrada Petrocelli***

***Dr. Diego Reginensi***

Programa de Ingeniería Biomédica,  
Universidad Latina de Panamá, República de Panamá

***Dr. Jay Molino***

***Mahelys Vasquez, Ing.***

Laboratorio de Investigación Experimental de Bioseñales, Facultad de  
Biotecnología y Salud Pública, Universidad Especializada de las Américas  
(UDELAS), Corregimiento de Ancón, Albrook, Panamá

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p1](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p1)

---

Submitted: 19 December 2023

Accepted: 09 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Ibarra E.A., Adames R., Castro J., Guevara S., Petrocelli L.E., Reginensi D., Molino J. & Vasquez M. (2024). *Avances en Biocerámicas para la Regeneración Ósea: De Materiales Bioinertes a Compuestos Bioactivos*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 1.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p1>

---

### Resumen

Este artículo ofrece una revisión sistemática de la evolución de los biomateriales cerámicos utilizados en la regeneración de tejido óseo, desde cerámicas tradicionales bioinertes hasta biocerámicas bioactivas y reabsorbibles. La metodología incluyó una revisión exhaustiva de la literatura utilizando bases de datos principales como PubMed, Scopus, Web of Science, y Google Scholar. Se aplicaron estrategias de búsqueda detalladas con palabras clave específicas y operadores booleanos, seleccionando estudios que aportaban directamente al entendimiento del desarrollo y aplicaciones de biocerámicas en la regeneración ósea. La transición de materiales como la

alúmina y la zirconia hacia compuestos más avanzados como el fosfato de calcio y el vidrio bioactivo es analizada en detalle. Se discute cómo estas generaciones sucesivas han mejorado la interacción con el tejido óseo, desde la simple osteointegración hasta la facilitación de la osteogénesis y angiogénesis. Se enfatiza la importancia de la microestructura y la composición química en la eficacia de la integración de estos materiales con el tejido óseo, incluyendo el impacto de la porosidad y la superficie superficial en la respuesta biológica. Adicionalmente, se examina el papel de las últimas innovaciones en biocerámicas, como aquellas que ofrecen liberación controlada de fármacos y agentes bioactivos en la mejora de los resultados de la regeneración ósea. Este trabajo subraya la relevancia de un enfoque interdisciplinario en la investigación de biomateriales, combinando conocimientos de la biología ósea, la química de materiales, y la ingeniería de tejidos para el diseño de soluciones más efectivas y personalizadas en la regeneración de tejido óseo.

---

**Palabras claves:** Biocerámicos, biomateriales, ingeniería de tejidos, regeneración ósea, tejido circundante

---

## **Advances in Bioceramics for Bone Regeneration: From Bioinert Materials to Bioactive Compounds**

*Dr. Ernesto A. Ibarra*

Universidad Tecnológica de Panamá, Campus Victor Levi Sasso,  
Vía Centenario, Panamá, Provincia de Panamá

*Raul Adames, Ing.*

*Jorge Castro, Ing.*

*Sofía Guevara, Ing.*

*Dr. Luis Estrada Petrocelli*

*Dr. Diego Reginensi*

Programa de Ingeniería Biomédica,

Universidad Latina de Panamá, República de Panamá

*Dr. Jay Molino*

*Mahelys Vasquez, Ing.*

Laboratorio de Investigación Experimental de Bioseñales, Facultad de  
Biotecnología y Salud Pública, Universidad Especializada de las Américas  
(UDELAS), Corregimiento de Ancón, Albrook, Panamá

---

### **Abstract**

This article provides a systematic review of the evolution of ceramic biomaterials used in bone tissue regeneration, from traditional bioinert

ceramics to bioactive and resorbable bioceramics. The methodology included a comprehensive literature review using major databases such as PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar. Detailed search strategies with specific keywords and Boolean operators were applied, selecting studies that directly contribute to the understanding of the development and applications of bioceramics in bone regeneration. The transition from materials such as alumina and zirconia to more advanced compounds like calcium phosphate and bioactive glass is analyzed in detail. It discusses how these successive generations have improved interaction with bone tissue, from simple osteointegration to facilitating osteogenesis and angiogenesis. The importance of microstructure and chemical composition in the effectiveness of integrating these materials with bone tissue is emphasized, including the impact of porosity and surface area on the biological response. Additionally, the role of the latest innovations in bioceramics, such as those offering controlled release of drugs and bioactive agents in improving bone regeneration outcomes, is examined. This work highlights the relevance of an interdisciplinary approach in biomaterials research, combining knowledge from bone biology, materials chemistry, and tissue engineering to design more effective and personalized solutions in bone tissue regeneration.

---

**Keywords:** Bioceramics, biomaterials, tissue engineering, bone regeneration, surrounding tissue

## Introducción

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las caídas son la principal causa de muerte por lesiones no intencionales en el mundo [1]. Hasta abril de 2021, las estadísticas de la OMS registraron aproximadamente 38 millones de accidentes anuales, que requirieron asistencia médica, por caídas severas (World Health Organization, 2021). Casi la totalidad, 37.3 millones, fueron accidentes no mortales, pero cerca del 40% de estos pacientes presentan una esperanza de vida reducida según la severidad del accidente (World Health Organization, 2021). Las caídas pueden ocasionar diversos tipos de problemas de salud, desmejorando significativamente la calidad de vida, más aún si son adultos mayores (Delgado Morales, García Estiven, Vázquez Castillo , & Campbell Miñoso, 2013). Las consecuencias más graves de una caída en un adulto mayor son, principalmente, las fracturas de colles y de la articulación coxofemoral (Delgado Morales, García Estiven, Vázquez Castillo , & Campbell Miñoso, 2013). La prevalencia de la fractura de la articulación coxofemoral es elevada, y se prevé que continúe aumentando en las próximas décadas, catalogándose como un problema de salud pública debido a su mayor frecuencia, alto riesgo y elevado coste (H. Suárez Monzón, 2016). Solamente, en los Estados Unidos de América (EUA), el 30% del total de las caídas

registradas resultan en este tipo de fracturas óseas (Mosquera, et al., abril de 1998; Portal Núñez, de la Fuente, Díez, & Esbrit, 2016; World Health Organization, 2021). El debilitamiento de los huesos, con el paso del tiempo, aumenta el riesgo de sufrir una fractura posterior a una caída (H. Suárez Monzón, 2016).

El periodo de recuperación de un paciente, después de una fractura, es muy extenso y usualmente requiere de cirugía. Los procesos quirúrgicos para tratar de reparar una fractura, que generalmente consisten en injertos de hueso propio o “autólogos” (Qiu, Cui, & Wang, 2019), suelen ser exitosos en pacientes jóvenes. Sin embargo, en personas de avanzada edad pueden llegar a resultar en muerte por tromboembolismo pulmonar o infección respiratoria (Cuenca & Phinevy, 2013).

Una probable solución para contribuir a la regeneración ósea es la utilización de biomateriales cerámicos. Los biomateriales cerámicos, también conocidos como biocerámicas, son una amplia rama de biomateriales constituidos por compuestos policristalinos, inorgánicos, y no metálicos que incluyen los óxidos de metales, silicatos y carburos (Shanmugam & Sahadevan, 2018). Dichos biomateriales son investigados ampliamente a nivel mundial para el desarrollo de sustancias osteoinductoras, osteoconductoras, y confección de andamios bioactivos (Martinez & Ozols, 2012).

El creciente interés en las biocerámicas, impulsado por sus resultados prometedores en la regeneración ósea, ha capturado la atención de la comunidad científica. Este artículo compila, analiza y discute las investigaciones más relevantes sobre biomateriales cerámicos empleados en la regeneración ósea, identificando los desafíos y oportunidades en este apasionante campo de estudio.

## **Metodología de Revisión Bibliográfica**

Para asegurar una revisión exhaustiva y actualizada de los avances en biomateriales para la regeneración ósea, implementamos una metodología rigurosa y sistemática. Nuestro enfoque se centró en identificar y analizar la literatura relevante sobre biocerámicas, desde materiales bioinertes hasta compuestos bioactivos y reabsorbibles.

- a. *Selección de Bases de Datos:* Utilizamos bases de datos clave como PubMed, Scopus, Web of Science y Google Scholar para garantizar una cobertura amplia de la literatura biomédica y científica.
- b. *Estrategia de Búsqueda:* Las palabras clave incluyeron términos como "bioceramics", "bone regeneration", "bioactive ceramics", entre otros. Combinamos estos términos utilizando operadores booleanos (AND, OR) para filtrar y refinar los resultados de búsqueda.
- c. *Criterios de Inclusión y Exclusión:* Seleccionamos estudios que aportaran directamente al entendimiento del desarrollo y aplicaciones

de biocerámicas en la regeneración ósea. Excluimos publicaciones que no estaban directamente relacionadas con este enfoque o que eran anteriores a la última década, para mantener la relevancia y actualidad de la información.

- d. *Proceso de Evaluación:* Iniciamos con una revisión preliminar de títulos y resúmenes, seguida de una evaluación completa de textos completos para aquellos seleccionados. Este proceso nos permitió determinar la pertinencia y contribución de cada estudio a nuestros objetivos de investigación.
- e. *Extracción y Síntesis de Datos:* Extraímos datos sobre metodologías, resultados y conclusiones de los estudios seleccionados. Estos datos fueron sintetizados para proporcionar una visión comprensiva de la evolución y el impacto de las biocerámicas en la regeneración ósea.

### **Tejido Óseo- Características, propiedades y Mecanismos de Reparación**

Las estructuras óseas juegan un papel fundamental, estas aportan locomoción, estructura, protección a los órganos y producción de células sanguíneas (Uskoković, Janković-Častvan, & Wu, 2019). Existen dos grupos de hueso, el hueso compacto el cual tiene una estructura interna sólida y el hueso esponjoso que posee una estructura interna con porosidades (Uskoković, Janković-Častvan, & Wu, 2019).

El hueso natural experimenta cambios periódicos que pueden alterar su estructura y debilitar el tejido. Comprender estos mecanismos de formación ósea representa un desafío significativo para la comunidad científica. Los materiales que componen el hueso natural tienen la capacidad única de funcionar como andamios en la regeneración del tejido óseo, ofreciendo prometedoras oportunidades para avances médicos (Uskoković, Janković-Častvan, & Wu, 2019). En conjunto el colágeno y la hidroxiapatita (HA) forman alrededor del 95% del hueso natural bajo condiciones secas, la HA es el mayor componente inorgánico en el esqueleto humano (Qu, Fu, Han, & Sun, 2019).

#### *a. Biología Ósea*

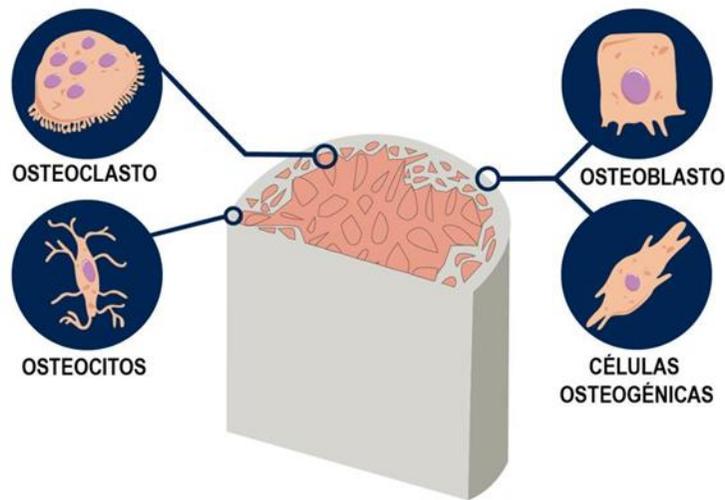
El hueso está organizado por células óseas vivas colocadas en un medio biomineral. El mismo está compuesto principalmente por fibras de colágeno y un mineral óseo inorgánico en forma de pequeños cristales (Uskoković, Janković-Častvan, & Wu, 2019). El medio biomineral del hueso contiene aproximadamente un 30% de componente orgánico, que en su mayoría es colágeno, y un 70% de componente inorgánico, principalmente hidroxiapatita. El resto del componente orgánico incluye proteínas no colágenas, lípidos, moléculas de proteoglicano, osteopontina (OPN) y otras proteínas de la matriz ósea. (Hu, Ashok, & D.R. Nisbet). Las proteínas de la

matriz ósea juegan un papel vital en la resistencia mecánica y las características de adhesión de los tejidos. Principalmente, la fase mineral del hueso es cristal de HA hexagonal (Qiu, Cui, & Wang, 2019).

Además de los medios óseos mineralizados, las células óseas son también críticas para la función de los huesos. El hueso es responsable de varias funciones en el cuerpo que contienen funciones mecánicas, funciones sintéticas y funciones metabólicas. Las cuatro células óseas más importantes reconocidas en conjunto como la unidad multicelular básica se muestran en la Figura 1, las mismas son:

- Las *células osteogénicas* son las células madre encontradas en el tejido óseo, su diferenciación y proliferación da lugar a los osteoblastos (Qiu, Cui, & Wang, 2019). Estas células son muy activas durante la fase de crecimiento de los huesos y también durante la reparación de las lesiones óseas.
- Los *osteoblastos* se derivan de células osteoprogenitoras de origen mesenquimatoso en la médula ósea y otros tejidos conectivos. Estas células son responsables del crecimiento o remodelación del hueso (Standring, 2015). Además, sus funciones son la síntesis, deposición y mineralización de la matriz ósea mediante la producción de una mezcla de proteínas llamada osteoide.
- Los *osteocitos* son el tipo celular más abundante en el tejido óseo (Ansari, 2019). Están descritos por una morfología en forma de estrella. Son vitales para la comunicación dentro del tejido óseo. Además, se ha presentado que los osteocitos reaccionan a varias vías de señalización bioquímica y contribuyen a la regulación de la homeostasis del calcio y el fosfato. El mal funcionamiento del crecimiento de las células de los osteocitos conduce a la fragilidad de los huesos y puede provocar osteoporosis (Qu, Fu, Han, & Sun, 2019; Uskoković, Janković-Častvan, & Wu, 2019).

Los *osteoclastos* son células grandes con más de un núcleo que se diferencian del linaje hematopoyético. Su trabajo es descomponer los huesos (Ansari, 2019). Liberan enzimas y ácidos para disolver los minerales en los huesos y digerirlos. Los osteoclastos ayudan a remodelar los huesos lesionados y crean vías para que viajen los nervios y los vasos sanguíneos. Las irregularidades en la actividad osteoclástica distinguen enfermedades como la osteoporosis (aumento de la actividad de los osteoclastos) y la osteopetrosis (Uskoković, Janković-Častvan, & Wu, 2019; Hu, Ashok, & D.R. Nisbet).



**Figura 1.** Células que componen la Unidad Multicelular Básica (BMU). Basado en: [15].

### *b. Mecanismo de reparación ósea*

La regeneración de fracturas óseas es un procedimiento reformador, ordenado y de varias partes que contiene un número vital de células progenitoras junto con células inflamatorias, endoteliales y hematopoyéticas. El procedimiento de restauración ósea tiene tres fases que se cruzan: inflamación, producción y remodelación ósea (Ansari, 2019).

1. La inflamación comienza instantáneamente una vez que se rompe el hueso y continúa durante más de unos pocos días. Tan pronto como el hueso se rompe, hay sangrado en la región, lo que provoca inflamación y coagulación de la sangre en el lugar de la fractura (Ansari, 2019)
2. La producción de hueso se inicia una vez que la sangre coagulada formada por la inflamación se sustituye por tejido fibroso y cartílago (conocido como callo blando). A medida que crece la regeneración, el callo blando se cambia por hueso duro (identificado como callo duro), que se nota en las radiografías algunas semanas después de la fractura (Ansari, 2019).
3. La remodelación ósea, la última etapa de la curación ósea, continúa más de unos pocos meses. En la regeneración, el hueso se regenera para formarse y se convierte en condensado, volviendo a su forma original. Además, la circulación sanguínea en la región, progresa. Una vez que se ha aplicado la restauración ósea adecuada, el soporte de peso inspira la curación ósea (Ansari, 2019).

## **Propiedades de los biomateriales e interfaz célula-biomaterial**

Los biomateriales son materiales usados en la medicina con fines terapéuticos, los biomateriales son usados para reemplazar tejido, para el reemplazo del tejido el material debe contar con osteoconductividad, osteoinductividad, un ambiente osteogénico y una estructura que permita a las células alojarse y así estimular la regeneración del tejido afectado (Winkler, Sass, Duda, & Schmidt-Bleek, 2018).

En el diseño de un andamio de biomaterial para la regeneración ósea es necesario considerar otros factores además del biomaterial en sí, es también de mucha importancia considerar el tejido circundante donde este será implantado ya que este tejido será el que se desea emular con algún biomaterial (Winkler, Sass, Duda, & Schmidt-Bleek, 2018). El diseño de un implante es parte crucial para reducir las reacciones adversas que pueda tener el cuerpo, a pesar de cumplir con las características óptimas de diseño de un implante mencionadas a continuación, siempre existe una reacción adversa como respuesta del cuerpo, sin embargo, si las características son las correctas el cuerpo aceptará ese implante como propio y podrá recuperarse solo (Winkler, Sass, Duda, & Schmidt-Bleek, 2018).

En este apartado se abordan exclusivamente aquellas propiedades físicas que impactan directamente la funcionalidad y la eficacia de las biocerámicas en aplicaciones óseas. Esto por la relevancia clínica de propiedades como la biocompatibilidad, la osteoconductividad y la osteoinducción, las cuales son esenciales para el éxito de los implantes óseos.

### *a. Propiedades de los biomateriales*

Al tratarse de materiales implantables existen varias propiedades a considerar como lo son: propiedades mecánicas (incluyendo módulo de Young, micro-dureza e índice de refracción), porosidad, biodegradación, citotoxicidad, radioactividad, propiedades térmicas, si es esterilizable, etc (Kumar, Dehiya, & Sindhu, 2018). Cuando se trata de biocerámicas, y asumiendo que todas aportan bioactividad a partir de la segunda generación, las principales propiedades que se deben tomar en cuenta son:

- *Osteoconducción*

Osteoconductividad es la habilidad de un biomaterial de ofrecer soporte a la formación de nuevo tejido óseo en su superficie, siendo una de las propiedades más importantes para biomateriales utilizados en la regeneración de tejido óseo. Los biomateriales osteoconductivos – o más específicamente, la delgada capa de hidroxiapatita carbonatada biológicamente (cHA) que se forma en su superficie en el ambiente biológico – permiten la migración, proliferación, diferenciación y disposición de la matriz extracelular (ECM) de células osteoprogenitoras (Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015), pasos claves

en la formación e integración del hueso nuevo al hueso huésped, con el fin de lograr una regeneración ósea funcional.

La osteoconductividad depende de características fisicoquímicas como la composición química del biomaterial, las propiedades de su superficie y su geometría (Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015). Las biocerámicas a base de fosfato de calcio (CaP), como la HA y el fosfato tricálcico, poseen excelente osteoconductividad debido a sus similitudes en composición mineral con el hueso natural. El Bioglass es también un tipo de material osteoconductor capaz de formar un enlace directo con el hueso (Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015). Esta propiedad puede ser manipulada e introducida a biomateriales no biológicos a través de diferentes estrategias de compuestos y recubrimientos con cerámicas basadas en CaP y/o tratamientos superficiales apropiados (Charles, Shaw, Olson, & Wei, 2010; Lv, M. Deng, Ulery, Nair, & Laurencin, 2013).

- *Osteoinducción*

También conocida como osteogénesis, esta propiedad describe la capacidad de un biomaterial de estimular la regeneración del tejido circundante, en el caso de la regeneración ósea esto se logra mediante la estimulación de osteoblastos, esto se puede lograr aportando un factor de diferenciación osteogénica, así como esta se documentan diversas formas de estimular la regeneración de tejido óseo como aportar al biomaterial fármacos que mejoren la probabilidad de supervivencia de las células (Winkler, Sass, Duda, & Schmidt-Bleek, 2018).

La osteoinductividad es la propiedad de un biomaterial de inducir la formación de tejido óseo en un sitio ectópico – aún se desconoce gran parte del funcionamiento del mecanismo de osteoinducción (Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015). Los biomateriales osteoinductivos impactan la formación ósea en distintos niveles: i) a nivel tisular, facilitando la entrega de nutrientes y oxígeno, el intercambio de desechos entre el material y el tejido, y estimulando la vascularización (Chai, 2012; Li, 2011); ii) a nivel celular, mediante la formación de la capa de cHA biológica puede desencadenar la diferenciación de células osteoprogenitoras en células óseas. Adicionalmente, la liberación de iones de calcio y fosfato pueden servir como guías para la migración y dirección del crecimiento celular en el sitio de implantación (Barradas A. M., 2012); iii) a nivel molecular, concentrando proteínas osteogénicas como BMP-2 y BMP-7 debido a su gran afinidad a estas, provocando un enriquecimiento de factores de crecimiento que, a su vez, promueven actividad celular en la superficie del implante (Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015). Por otra parte, los iones de fosfato y calcio liberados pueden ayudar a llegar a la sobresaturación en el sitio de implante, acelerando

el proceso de mineralización y la subsecuente formación ósea (Liu, Wu, & de Groot, 2010).

El material osteoinductivo más ampliamente utilizado son las biocerámicas basadas en CaP, como lo son la HA, el fosfato tricálcico (TCP), el fosfato de calcio bifásico (BCP) y la hidroxiapatita coralina. El elemento principal de su propiedad osteoinductiva es su composición química. Sin embargo, materiales que no contienen CaP también presentan propiedades de osteoinducción bajo condiciones específicas, estas son capaces de estimular la formación ósea solo, luego de un proceso de calcificación análogo al de las biocerámicas basadas en CaP, corroborando así la importancia de la composición química para la osteoinductividad de los biomateriales (Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015).

Otras características esenciales para la osteoinductividad son la macro y microestructura del biomaterial, esta debe ser porosa ya que nunca se ha documentado osteoinducción en una superficie completamente lisa. Esto se debe a que la formación ósea siempre se ha detectado dentro de los poros de los implantes, donde los iones de calcio y fosfato son atrapados y precipitados hasta alcanzar la sobresaturación (Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015). Diferentes niveles de rugosidad y porosidad afectan de manera significativa las capacidades osteoinductivas de un implante, por ejemplo: implantes de titanio previamente tratados para obtener una estructura de microporos presentan osteoinductividad donde los implantes de titanio sin tratar no lo harían (Barradas, Yuan, van Blitterswijk, & Habibovic, 2011).

- *Vascularización*

La vascularización es un proceso clave durante la regeneración ósea, debido a que la formación de vasos sanguíneos es esencial para la supervivencia de cualquier tejido mayor a 200  $\mu\text{m}$ . La formación de tejido óseo nuevo debe ir fuertemente entrelazada con la formación de un sistema vascular que se integre al suministro sanguíneo del huésped (Krishnan, Willett, & Gulberg, 2014). Nuevos vasos aseguran el suministro de nutrientes como glucosa y oxígeno al tejido circundante además de la remoción de desechos metabólicos como dióxido de carbono, urea y lactato (Novosel, Kleinhans, & Kluger, 2011). Las redes vasculares también juegan un rol clave en el reclutamiento de células progenitoras al sitio del defecto en el proceso regenerativo, a pesar de que los vasos sanguíneos existentes tienden a invadir el defecto óseo. Este proceso espontáneo tiende a ser muy lento, lo que puede ocasionar fallos en el proceso de reparación del hueso (Phelps & García, 2010). De aquí se resalta la importancia de escoger biomateriales que estimulen y apoyen el rápido desarrollo de una red de vascularización para el proceso de regeneración ósea. Como los biomateriales más usados destacan los andamios e hidrogeles, que sirven como matriz temporal para la migración

de células progenitoras y proveen soporte mecánico para el brote de capilares (Popp, Laflin, Love, & Goldstein, 2011; Sun, 2011). El impacto de los andamios se puede mejorar ajustando la arquitectura de los andamios durante la fabricación; también se ha introducido la impresión 3D para fabricar tejidos más perfundibles (Miller, 2012).

La composición química de los biomateriales también afecta las capacidades de vascularización de manera significativa debido a que los mismos interactúan con células endoteliales durante la formación de los vasos, algunos materiales poseen propiedades proangiogénicas durante el proceso de regeneración (Madden, 2010); un tipo de biocerámica de silicato, Akermanita, es capaz de inducir angiogénesis durante la regeneración ósea al liberar una concentración de iones de silicio adecuada para estimular la proliferación de células endoteliales aórticas humanas (Zhai, 2012); a su vez, la HA es uno de los biomateriales capaces de regular la vascularización debido a su alta afinidad con las citocinas angiogénicas (Hudalla & Murphy, 2011). Estos biomateriales son capaces de atrapar efectivamente factores de crecimiento endógenos en el sitio de defecto y mejorar la formación de hueso a través del desarrollo de una red vascular mejorada (Hubbell & Chilkoti, 2012).

#### *b. Interacción célula-biomaterial*

La interacción entre las células circundantes y el biomaterial implantado representa el mayor impacto de los biomateriales en regeneración ósea a nivel celular. La adhesión de estas células juega un rol determinante en el comportamiento celular en la superficie del implante (Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015). Las proteínas encontradas en la superficie del biomaterial se enlazan con sustratos y células huésped mediante el uso de integrinas, la adhesión celular mediada por integrinas está relacionada a vías de señalización intracelular como: morfología, movilidad, proliferación y diferenciación de las células; además de combinarse con factores de crecimiento para regular la actividad del factor de transcripción y determinar la progresión del ciclo celular (Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015).

Debido a que gran parte de estas interacciones ocurren en la superficie del biomaterial, es importante resaltar la importancia de la caracterización superficial del mismo, particularmente su composición química, hidrofobicidad y topografía, para asegurar un comportamiento celular controlable (Nguyen, Zanotelli, Schwartz, & Murphy, 2014). También se han incorporado macromoléculas de la ECM y péptidos a sistemas sintéticos para ofrecer mayor precisión al control celular en estudios de comportamiento selectivos (Nguyen, Zanotelli, Schwartz, & Murphy, 2014). Otras alternativas bien documentadas son los recubrimientos de CaP (Yu & Wei, 2013), modificando así la composición química del material y permitiendo la bioactividad; y las modificaciones a nivel de topografía, dureza y energía

superficial que afectan directamente a la respuesta y alineación de los osteoblastos en la superficie del implante (Olivares-Navarrete, 2012). Estudios recientes se concentran en métodos de diseño a micro y nano-escala para inducir la formación de hueso nuevo, esta tecnología promete replicar un ambiente más cercano al del hueso natural (Zhu, Luo, & Liu, 2020).

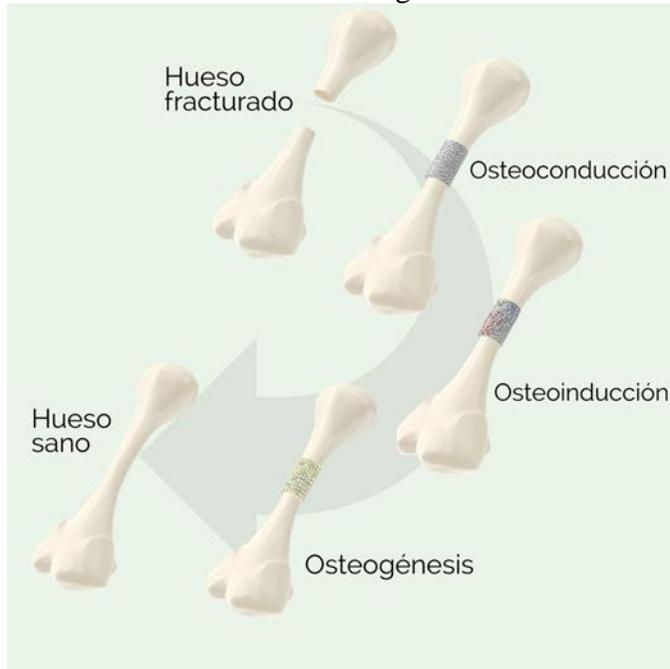
### *c. Integración con el tejido huésped*

Uno de los prerequisites para una regeneración funcional del tejido es la integración del nuevo hueso con el tejido y ambiente circundantes (Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015). En general, los biomateriales juegan un rol indispensable en la osteointegración mediante su impacto en distintas etapas de la formación ósea (Leng, 2019). Los andamios no solo deben ofrecer soporte de tejido y un ambiente adecuado para la infiltración celular, si no también proveer señales inductivas que faciliten la conexión al sistema nervioso y cardiovascular del huésped (Lv, M. Deng, Ulery, Nair, & Laurencin, 2013; Bai, et al., 2018).

El primer paso para la integración del tejido involucra andamios porosos que promueven la adhesión y migración de células en su superficie, además de la difusión de oxígeno y nutrientes (Behzadi, Luther, Harris, Farokhzad, & Mahmoudi, 2017). Luego de esto, las células endoteliales infiltradas forman capilares, proceso clave para la viabilidad del tejido nuevo, para que esto suceda se necesita una composición química y una microestructura adecuadas para ofrecer soporte y estabilidad durante el proceso de vascularización (Sun, 2011). Simultáneamente, los osteoblastos forman una matriz de tejido que se une a la ECM natural mediante un proceso llevado a cabo por los osteoclastos—durante el proceso de remodelación, es importante que la tasa de degradación del andamio sea congruente con la tasa de formación de tejido nuevo (Qu, Fu, Han, & Sun, 2019). Se han desarrollado diversas estrategias para potenciar la integración de los biomateriales al tejido óseo del huésped, como lo son la arquitectura de poros y el diseño de porosidad de los andamios (Ansari, 2019), la modificación de la composición y estructura química de los mismos mediante injertos o recubrimientos (Charles, Shaw, Olson, & Wei, 2010) y la inclusión de moléculas adhesivas (Ansari, 2019).

En la Figura 2 se puede apreciar de manera gráfica la convergencia de todos los conceptos mencionados desde el proceso de regeneración ósea hasta la integración del biomaterial con el tejido huésped. Se hace énfasis en los procesos biológicos que se llevan a cabo gracias a cada una de las propiedades previamente definidas. Donde: a) Osteoconducción: a superficie porosa del biomaterial provee un ambiente adecuado para la adhesión de células osteoprogenitoras. b) Osteoinducción: Osteoblastos agregados a la superficie del andamio comienzan el proceso de diferenciación; simultáneamente,

células endoteliales se diferencian en capilares procurando la vascularización del nuevo tejido. c) Osteogénesis: Formación de nuevo tejido óseo in situ, la matriz formada sobre el biomaterial se integra a la ECM del huésped.



**Figura 2.** Representación esquemática del proceso de regeneración ósea mediante el uso de biomateriales. Basado en (Dahiya, Mishra, & Bano, 2019)

## Evolución de las biocerámicas y su aplicación en la regeneración de tejido óseo

### a. Evolución de las biocerámicas.

Las biocerámicas han experimentado una notoria evolución, pasando de utilizar materiales bioinertes a materiales bioactivos, a la vez que van haciendo uso de diseños cada vez más complejos. Actualmente, se habla de tres generaciones de biocerámicas: con la primera generación se buscaba sustituir un tejido dañado, con la segunda el objetivo se centraba en reparar los tejidos y con la tercera el objetivo es llegar a regenerarlos (Vallet-Regí, 2008).

- *Primera generación*

En esta primera generación de biomateriales se utilizan los materiales “bioinertes” lo que provoca una interacción mínima con el tejido circundante para lograr una combinación adecuada de propiedades físicas con una respuesta tóxica mínima para el huésped (Breine, 1964).

Durante esta etapa se introdujo el concepto de osteointegración para implantes, que se convirtió gradualmente en uno de los requisitos más

importantes para los implantes óseos (Breine, 1964; Brånemark, Brånemark, Rydevik, & Myers, 2001).

Con la osteointegración se mejoró el comportamiento a largo plazo de los dispositivos implantables, disminuyendo el riesgo de que el implante se afloje y falle. En los materiales que tenían un módulo de elasticidad significativamente más alto que el hueso cortical humano (20-30 GPa), causaba que el hueso experimentara una menor carga o estrés, provocando una disminución de la masa ósea, lo que eventualmente llevaba al aflojamiento y fallo del implante (Ridzwan, Shuib, Hassan, Shokri, & Mohamad Ib, 2007).

- *Segunda generación*

Se empiezan a utilizar cerámicas que tengan bioactividad y biodegradabilidad. Por bioactividad se entiende que puedan unirse directamente al hueso sin interposición de cápsula fibrosa (Vallet-Regí, "Current trends on porous inorganic materials for biomedical applications", 2008). Los materiales de la segunda generación incluían fosfatos de calcio, carbonato de calcio, sulfatos de calcio y vidrios bioactivos (Xynos, et al., 2000; Ulery, Nair, & Laurencin, 2011; García-Gareta, Coathup, & Blunn, 2015).

El primer material bioactivo artificial "Bioglass" fue inventado por Larry Hench en 1969. Con su composición específica de 46,1% SiO<sub>2</sub>, 24,4% Na<sub>2</sub>O, 26,9% CaO y 2,6% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, conocido como 45S5 Bioglass, este material innovador se diseñó para una integración ósea sin precedentes. Su capacidad para formar enlaces químicos directos con el hueso no solo marcó un avance en la osteointegración, sino que también sentó las bases para futuras investigaciones y desarrollos en biomateriales orientados a la regeneración y reparación de tejido óseo. Hench, con este invento, transformó la comprensión y el enfoque hacia los biomateriales y su interacción con los tejidos vivos. Bioglass fue el primer material osteointegrativo artificial diseñado para formar enlaces químicos directos con el hueso (Hench, 2006).

Las biocerámicas de segunda generación se utilizan como materiales de partida para fabricar las de tercera generación, para lo que es necesario buscar nuevos métodos de conformación a temperatura ambiente de piezas porosas, scaffolds (se traduce del inglés como andamios), que serán los sustratos sobre los cuales se sembrarán células, dando entrada a la ingeniería tisular (Vallet-Regí, "Current trends on porous inorganic materials for biomedical applications", 2008).

- *Tercera generación*

Los biomateriales de tercera generación están diseñados para incorporar señales instructivas en los materiales para inducir una respuesta celular favorable, como una mejor supervivencia celular, diferenciación

celular dirigida y compromiso de linaje específico (Hench, “The story of Bioglass®” , 2006; Yu, Botchwey, Levine, Pollack, & Laurencin, 2004). El desarrollo de materiales para activar genes específicos y la adaptación molecular de biomateriales para provocar las respuestas celulares deseadas son algunas de las estrategias utilizadas para el desarrollo de materiales de tercera generación (Hubbel, 1999). Los materiales con características físicas apropiadas, como alta porosidad e interconectividad, han sido diseñados y fabricados para facilitar las interacciones materiales/célula, la infiltración de nutrientes/oxígeno y la vascularización (Lv, M. Deng, Ulery, Nair, & Laurencin, 2013; Rezwani, Chen, Blaker, & Boccaccini, 2006; Cushnie, Khan, & Laurencin, 2008). La aplicación de la nanotecnología en el campo de la ingeniería de la regeneración proporciona un medio para controlar el microambiente bioquímico y mecánico para la liberación de células y la regeneración de tejidos con éxito (Webster, 2000; Adler & Leong, 2010).

*b. Tipos de biocerámicas*

- *Cerámicos inertes de primera generación para reemplazo de tejidos duros*

La primera generación está formada por cerámica inerte. Dos ejemplos son la zirconia y la alúmina. Se utilizan principalmente en la fabricación de cabezas femorales (Rattier, Hoffman, Schoen, & Lemons, 1997). Pero estas cerámicas experimentan reacciones de cuerpo extraño. Por lo tanto, aunque son biocompatibles, el organismo reacciona frente a ellos por su naturaleza extraña; por lo que el cuerpo creará una cápsula de colágeno acelular alrededor del implante aislándolo del cuerpo. De esta forma, el material nunca se transformará en hueso y prevalecerá su naturaleza artificial (Rattier, Hoffman, Schoen, & Lemons, 1997).

- *Cerámicos activos para la regeneración de tejidos duros*

Estos cerámicos pueden reaccionar con los fluidos fisiológicos formando apatita de tipo biológico como subproducto de dicha reacción; en presencia de células vivas, esta apatita puede formar hueso nuevo (Vallet-Regí, 2010). Entre estas cerámicas, se puede mencionar los fosfatos de calcio, y varias composiciones de vidrios y vidrios cerámicos. Para aplicaciones médicas, estos materiales se suministran en los siguientes formatos: polvo, piezas porosas, piezas densas, mezclas inyectables y recubrimientos (Winkler, Sass, Duda, & Schmidt-Bleek, 2018). Tienen excelentes características en términos de biocompatibilidad y bioactividad, pero sus propiedades mecánicas son muy malas (Vallet-Regí, “Evolution of bioceramics within the field of biomaterials” , 2010).

- *Cerámica de vidrio bioactiva*

Los vidrios también se pueden utilizar como precursores en la producción de vitrocerámicos. La microestructura específica de la vitrocerámica refuerza las propiedades mecánicas de toda la pieza. Por tanto, es posible obtener vitrocerámicas bioactivas con propiedades mecánicas mucho más cercanas ahora a las del hueso natural (Vallet-Regí, Salinas, & Arcos, 2006; Salinas. & Vallet-Regí, 2007).

- *Mezclas de vidrios magnéticos y vitrocerámicas*

Utilizando vidrios magnéticos bioactivos y vitrocerámicas, es posible diseñar materiales magnéticos que cumplen dos funciones simultáneamente: regenerar el hueso gracias a su bioactividad y tratar el cáncer en los tejidos óseos, mediante el tratamiento de la hipertermia de los tumores óseos (del Real, Arcos, & Vallet-Regí, 2002). Este tratamiento consiste en calentar los tumores hasta temperaturas entre 43 y 47°C (Arcos, del Real, & Vallet-Regí, 2002). Dentro de este intervalo, las células malignas se destruyen selectivamente, mientras que las sanas solo sufren daños pequeños y/o reversibles (Ruiz-Hernández, Serrano, Arcos, & Vallet-Regí, 2006).

- *Cementos de fosfato de calcio*

Otro tipo de materiales de esta segunda generación de materiales es el grupo de cementos de fosfato cálcico. La idea es inyectar el material en la cavidad ósea, con una respuesta muy rápida de adhesión ósea y regeneración simultánea (R. & Gibson, 2020). Ya existen varias y muy diversas aplicaciones para estos cementos. Algunos de ellos ya se encuentran en fase comercial y en uso, pero, como ya se ha comentado sobre los vidrios, solo están dando buenos resultados en la reparación de pequeños defectos óseos (R. Jones & Gibson, 2020).

- *Materiales de sílice mesoporosos ordenados*

Los materiales mesoporosos a base de sílice tienen características estructurales únicas, ya que una red de sílice amorfa constituye la pared de la disposición bien ordenada del sistema de poros y las cavidades (Vallet-Regí, Ruiz-González, Izquierdo-Barba, & González-Calbet, 2006). Este tipo de materiales mesoporosos ordenados pueden comportarse como vidrios bioactivos, pero también incluyen un sistema de canales de poros con dimensiones que permiten la inclusión de diferentes moléculas con actividad biológica. Los materiales mesoporosos de sílice ordenados son capaces de formar apatitas de tipo biológico cuando entran en contacto con fluidos fisiológicos (Vallet-Regí, Ruiz-González, Izquierdo-Barba, & González-Calbet, 2006).

Los conceptos previamente definidos se encuentran ejemplificados en la Tabla 1, donde se resume las características, ventajas y desventajas de diversas biocerámicas usadas en la regeneración de tejido óseo. Comprende desde la primera generación de materiales bioinertes como la alúmina y la zirconia, destacando sus buenas propiedades mecánicas y biocompatibilidad, hasta biocerámicas más avanzadas como los vidrios bioactivos y el dióxido, que ofrecen alta bioactividad y mejores propiedades mecánicas. La tabla también incluye fosfatos de calcio y vitrocerámicas, resaltando su composición similar al hueso natural y buena osteoconductividad. Además, se discuten las limitaciones de estos materiales, como la fragilidad y la necesidad de mejorar propiedades mecánicas, lo que refleja el desarrollo continuo en este campo.

**TABLA 1:** DIFERENTES GENERACIONES DE BIOCERÁMICAS Y SUS EJEMPLOS MÁS UTILIZADOS, JUNTO CON SUS CARACTERÍSTICAS, VENTAJAS Y POSIBLE PROBLEMÁTICA

<i>Biocerámica</i>	<i>Tipo</i>	<i>Características</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>	<i>Aplicaciones Clínicas</i>	<i>Referencia</i>
<b>Alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>	Bioinerte	Buenas propiedades mecánicas, Baja interacción biológica	Bajo costo de producción, alta resistencia química y resistencia a la corrosión, buena biocompatibilidad e inmunocompatibilidad.	Se reportan casos de complicaciones en implantes a largo plazo Se reporta reacción a cuerpo extraño	Prótesis de cadera, componentes dentales	(Qu, Fu, Han, & Sun, 2019; Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015; R. & Gibson, 2020; Eliaz & Metoki, 2017; A., Ramos, & Davim, 2020; Thamaraiselvi & Rajeswari, 2004)
<b>Zirconia (ZrO<sub>2</sub>)</b>	Bioinerte	Baja reacción biológica, química y con tejidos Estructuras interconectadas	Buena biocompatibilidad, alta estabilidad química, alta fuerza mecánica, buena resistencia a la corrosión.	Pequeños restos de radioelementos	Implantes dentales, componentes de prótesis	(Qu, Fu, Han, & Sun, 2019; Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015; R. & Gibson, 2020; Eliaz & Metoki, 2017; A., Ramos, & Davim, 2020; Thamaraiselvi & Rajeswari, 2004)
<b>Fosfato de Calcio (CaP, HA)</b>	Bioactiva	Componente de hueso natural Niveles de calcio y fósforo similares al hueso natural	No es tóxico, buena biocompatibilidad, no genera rechazo, aporta calcio y fósforo a tejido nuevo	Mayor fragilidad Baja resistencia a la tracción Baja tenacidad a la fractura	Sustitutos de hueso, aplicaciones dentales	(Qu, Fu, Han, & Sun, 2019; Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015; R. & Gibson, 2020; Eliaz & Metoki, 2017; A., Ramos, & Davim, 2020; Thamaraiselvi & Rajeswari, 2004; Family, Solati-Hashjin, Namjoy Nik, & Nemat, 2012; Salinas & Vallet-Regí, 2013)
<b>Vidrios Bioactivos</b>	Bioactiva	Compuestos de minerales que ocurren naturalmente en el cuerpo Niveles de calcio y fósforo similares al hueso natural	Potencial regenerativo, buena bioactividad, control del ciclo celular, no tóxico, buenas propiedades de liberación de fármacos	Mayor fragilidad	Regeneración ósea, liberación de fármacos	(Qu, Fu, Han, & Sun, 2019; Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015; R. & Gibson, 2020; Eliaz & Metoki, 2017; A., Ramos, & Davim, 2020; Thamaraiselvi & Rajeswari, 2004; Krishnan & Lakshmi, 2013)
<b>Vitrocerámicas</b>	Bioactiva	Resistencia ideal para restauraciones dentales	Buena compatibilidad con el tejido óseo	Bioactividad reducida por falta de grupos Si-OH en su superficie y menor liberación de Ca <sup>+</sup> en las fases cristalinas	Restauraciones dentales	(Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015; R. & Gibson, 2020; Mazilu, Ionescu, Rotiu, Dinischioiu, & Campean, 2006)
<b>Dióxido</b>	Bioactiva	Rápida cocción a bajas temperaturas Buenas propiedades de expansión térmica	Alta bioactividad, biocompatibilidad y mejores propiedades mecánicas compatibles con el tejido óseo	Contiene un nivel bajo de Ca, pero gran cantidad de Si y Mg. Requiere reforzar propiedades	Aplicaciones ortopédicas y dentales	(Qu, Fu, Han, & Sun, 2019; Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015; Wu, Ramaswamy, & Zreiqat, 2010; Samaniego

				mecánicas y tratar la superficie para formación de poros		Arroyo, Múzquiz Ramos, & López Badillo, 2020)
<b>Akermanita</b>	Bioactiva	Excelentes propiedades mecánicas y tasa de degradación controlable	Mejor diferenciación y mayor expresión de genes en comparación con $\beta$ -TCP Mejora expresión de factores angiogénicos	No ha sido estudiado en modelos <i>in vivo</i> a largo plazo	Andamios para ingeniería de tejidos	(Qu, Fu, Han, & Sun, 2019; Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015; Xia, 2016)
<b>Fosfato de Calcio (<math>\alpha</math>-TCP, <math>\beta</math>-TCP, HA &lt; 10<math>\mu</math>m)</b>	Reabsorbible	Tasa de calcio y fósforo similares al hueso natural	Buena osteoconductividad Apoya la formación de tejido nuevo en su superficie	Degradación rápida Velocidad de degradación y crecimiento celular inconsistente	Andamios para regeneración ósea, aplicaciones dentales	(Qu, Fu, Han, & Sun, 2019; Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015; R. & Gibson, 2020; Salinas & Vallet-Regí, 2013; Yin & Zhong, 2020)
<b>Nanopartículas de sílice mesoporosas (MSNs)</b>	Bioactiva	Mesoporos con gran superficie y volumen de poros con diferentes tamaños de poro (2–10 nm) y estructuras (2D hexagonal y 3D cúbico)	Gran superficie de mesoporos permite una alta carga de fármaco y una liberación controlable.	Difícil preparación ordenada Tamaño de distribución disperso Formación de suspensiones coloidales estables	Liberación de fármacos, aplicaciones médicas diversas	(Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015), (R. & Gibson, 2020) (Salinas. & Vallet-Regí, 2007; Jafari, y otros, 2019)
<b>Aragonita</b>	Reabsorbible	Alta biocompatibilidad Excelente reabsorción	Estimula proliferación y diferenciación celular Promueve regeneración ósea <i>in vivo</i>	Difícil obtención de materia prima Necesita estudios <i>in vivo</i> adicionales	Sustitutos de hueso en aplicaciones ortopédicas y dentales	(Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015; Salinas. & Vallet-Regí, 2007; Akilal, 2019; Huang, Liu, Ouyang, & Feng, 2020)

Nota: En gris están aquellos biomateriales de primera generación, en amarillo los de segunda y en blanco los de tercera

#### a. Aplicaciones Clínicas de las Biocerámicas

El primer uso documentado de injerto óseo sintético fue reportado en 1892 por Van Meekeran, quien trató un defecto óseo grande con sulfato de calcio ( $CaSO_4$ ). Desde entonces, los biomateriales clasificados como cerámicos se han utilizado ampliamente como sustitutos de injertos óseos en humanos (Shanmugam & Sahadevan, 2018). Los biomateriales cerámicos juegan un rol de particular importancia en la medicina regenerativa, ya que estos son ampliamente utilizados como reemplazo para estructuras calcificadas del cuerpo humano, normalmente tejido óseo debido a su gran versatilidad según las características específicas que posee cada biomaterial cerámico (Shanmugam & Sahadevan, 2018). Según la aplicación que se vaya a realizar es necesario caracterizar las propiedades del biomaterial cerámico para determinar si es óptimo para dicha aplicación (Shanmugam & Sahadevan, 2018). El proceso de selección de un biomaterial se realiza evaluando las propiedades y características tanto del tejido que será reemplazado como del biomaterial que será utilizado, esto para obtener la mejor integración con el cuerpo humano (Shanmugam & Sahadevan, 2018). Entre las características que son evaluadas en referencia a los biomateriales cerámicos podemos encontrar: biocompatibilidad, radioactividad, índice de refracción, solubilidad química, micro-dureza, módulo elástico, propiedades térmicas, osteoconductividad, facilidad de ser esterilizado, entre otras características (Shanmugam & Sahadevan, 2018). Según estas características se puede llegar a definir la aplicación para la cual es ideal un biomaterial cerámico, estas

aplicaciones se pueden clasificar en 3 categorías: Cerámicas reabsorbibles – son aquellas que están hechas para degradarse dentro del cuerpo de forma gradual y controlada, de esta forma el cuerpo es capaz de absorber este material sin producir efectos negativos; Cerámicas bioactivas – son aquellas que poseen la capacidad de interactuar con tejido duro, estas pueden formar una interfaz que interactúa con el tejido circundante, usualmente son utilizadas para recubrir prótesis y de esta forma mejorar la biocompatibilidad y la osteointegración; Cerámicas bioinertes –son aquellas que poseen una interacción débil con el cuerpo humano, sin afectar de forma negativa a este, estas cerámicas mantienen sus propiedades físicas y químicas aun después de ser implantadas dentro de un organismo (Shanmugam & Sahadevan, 2018).

La medicina regenerativa es un campo emergente de investigación interdisciplinaria y aplicación clínica, que se centra en la reparación, sustitución o regeneración de células, tejidos u órganos para restaurar funciones dañadas por cualquier motivo (incluidos defectos de nacimiento, enfermedades y traumatismos) (AABB, 2021). Combina métodos técnicos que van más allá de los trasplantes tradicionales y las terapias alternativas – estos métodos pueden incluir el uso de células madre, moléculas solubles, ingeniería genética, ingeniería de tejidos y terapia celular (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). En distintas áreas especializadas de la medicina, como las cirugías orales y maxilofaciales, se utilizan varios materiales sustitutos de injerto óseo para mejorar la regeneración de dicho tejido. Ejemplo de estos biomateriales son el óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), óxido de titanio ( $TiO_2$ ), algunos carbonos y la HA (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). Muchos de estos, se están utilizando ampliamente desde la década del 70 para la regeneración ósea (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018).

Las biocerámicas se han utilizado y se han considerado candidatas prometedoras para el tratamiento periodontal, la prevención de recaídas, la regeneración nerviosa, la tecnología de administración de fármacos, incluso para la medicina estética y la cosmética (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018).

El material biocerámico más utilizado para el injerto óseo en humanos es la HA, considerándola como el principal componente mineral de la matriz ósea natural (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). La HA tiene una composición química y estructuralmente similar al tejido duro del hueso (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). La HA y, hasta cierto punto, otros materiales cerámicos a base de calcio pueden considerarse materiales bioactivos, que favorecerán el crecimiento óseo y la osteointegración cuando se utilicen en aplicaciones ortopédicas, dentales y maxilofaciales (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). La cerámica de fosfato cálcico que consiste en HA y/o fosfato tricálcico beta ( $\beta$ -TCP) y vidrio de silicato fosfato cálcico se clasifican como materiales osteoconductores, ya que promueven la formación de la monocapa proteica y permiten la adhesión de osteoblastos en la superficie del material

(Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). La HA se ha desarrollado en una variedad de formas –povos, bloques porosos o perlas– para rellenar defectos óseos o huecos cuando se han tenido que extirpar grandes secciones de hueso (por ejemplo, cáncer de hueso) o cuando se requieren aumentos óseos (por ejemplo, reconstrucciones maxilofaciales o aplicación dental) (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018).

Previamente se ha comprobado que la HA puede unirse directamente a huesos y dientes in vivo (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). En Indonesia, desde 2014, dentistas, cirujanos orales y maxilofaciales han estado aplicando un compuesto de carbonato apatita, llamado Gama-CHA (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). La razón para utilizar materiales de injerto en el tratamiento oral es que los materiales pueden facilitar la regeneración ósea alveolar, el ligamento periodontal y el cemento radicular a través de mecanismos específicos, como son la osteogénesis, osteoconducción y osteoinducción (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018).

Por otra parte, se ha investigado durante mucho tiempo el uso de corales de género *Goniopora*, *Porites* y *Favites*, entre los más destacados, como materia prima para la fabricación de nuevas biocerámicas naturales (Akilal, 2019; Huang, Liu, Ouyang, & Feng, 2020). Los ejemplares de coral constan de un 99% de carbonato cálcico en forma de aragonito y un 1% de materia orgánica (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). En el ambiente biológico, el coral se puede transformar en apatita y esta estructura puede ser incorporada al tejido óseo circundante (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). Los iones de calcio liberados inhiben la actividad de los osteoclastos y desplazan el equilibrio óseo hacia la formación de hueso; paralelamente, los iones de carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ) liberados pueden sustituir los iones de fosfato y/o hidróxido en la estructura de la apatita ósea (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018).

En el caso del sulfato de calcio semihidratado ( $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$ ), también conocido como yeso de París (POP), el mismo se ha utilizado en aplicaciones clínicas en durante muchos años, mezclándolo con agua para obtener sulfato de calcio dihidratado ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) para tratar defectos esqueléticos, ya sea solo o en combinación con otros materiales de injerto óseo (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). Es un material seguro y de rápida reabsorción que se ha utilizado para aplicaciones de relleno óseo durante más de 100 años (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). El uso de POP se basa en sus ventajas, que incluyen la capacidad de auto-establecimiento y una respuesta biológica bien tolerada sin provocar una respuesta inflamatoria grave. Esta propiedad hace posible que el POP se fije in situ cuando se aplica en un defecto óseo (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018).

También cabe destacar que dentro de los biomateriales vitro-cerámicos se encuentra el grupo de los “vidrios bioactivos”, caracterizados por poseer

superficies reactivas. Los vidrios bioactivos están compuestos por los mismos óxidos que el vidrio común en proporciones variantes, lo que permite variar sus propiedades notoriamente acortando su durabilidad química de manera tal que su tasa de disolución sea compatible con los procesos celulares al funcionar como estructura de soporte en procesos regenerativos (Fagerlund & Hupa, 2017). El uso de vidrio bioactivo en ámbitos clínicos se basa en el proceso de disolución de la superficie del vidrio y liberación de iones minerales (Fagerlund & Hupa, 2017). Esto conduce a la formación de una capa de apatita carbonatada biológicamente activa que proporciona la interfaz de unión con los tejidos, como se describió anteriormente. Esta interfaz adherente con los tejidos resiste fuerzas mecánicas sustanciales. En muchos casos, la fuerza de adhesión interfacial es equivalente o mayor que la fuerza cohesiva del material del implante o del tejido adherido al implante bioactivo (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). Las aplicaciones clínicas del vidrio bioactivo requieren varias formas diferentes de material, desde implantes dentales e injertos óseos particulados o en gránulos hasta compuestos y masillas para facilitar su distribución (R. & Gibson, 2020; Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). El uso de implantes *Bioglass*®45S5 – el primer tipo de vidrio bioactivo, desarrollado en 1970 – en cirugías de oído medio para reemplazar los huesecillos dañados por una infección crónica también es exitoso y los resultados son alentadores (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). Los implantes *Bioglass*®45S5 también se han utilizado con éxito para mantener una tasa de retención de la cresta alveolar de casi el 90% para los usuarios de dentaduras postizas (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). Una de las aplicaciones importantes es en la ingeniería de tejidos, donde se utilizan para desarrollar andamios que facilitan la regeneración de tejidos dañados o enfermos, aprovechando su capacidad para integrarse con tejidos biológicos y promover la regeneración ósea.

Hoy en día se han realizado muchos esfuerzos para integrar el uso de biocerámicas en aplicaciones periodontales y de administración de fármacos, geles inyectables para prevenir la recaída después del tratamiento de ortodoncia y andamios para terapias de células madre mediante el uso de coral sintético, entre otras sustancias (Ana, Satria, Dewi, & Ardhani, 2018). Como se ha visto, las aplicaciones de las biocerámicas en la medicina regenerativa, y particularmente dentro del campo de la regeneración ósea, son múltiples y variadas. La Tabla 2 proporciona un resumen detallado de las diversas aplicaciones de biomateriales en procedimientos ortopédicos y dentales. Cubre desde reemplazos totales de articulaciones hasta implantes dentales, destacando materiales específicos como la alúmina de alta densidad, vidrio bioactivo, y fibras compuestas de vidrio bioactivo-metal. Cada aplicación tiene como objetivo la reconstrucción, reparación, o reemplazo de tejidos, promoviendo la osteoinducción, osteoconducción y osteointegración. La

variedad de biomateriales refleja la evolución y adaptabilidad en el diseño de implantes y prótesis para satisfacer necesidades clínicas específicas.

**TABLA 2: APLICACIÓN CLÍNICA Y FUNCIÓN DE LAS BIOCERÁMICAS EN TEJIDO ÓSEO**

<b>Aplicación</b>	<b>Función</b>	<b>Biomaterial</b>	<b>Ref.</b>
Reemplazo total de <i>cadavera</i> , rodilla, hombro, muñeca, codo	Reconstrucción de articulaciones fracturadas o artríticas, promueve osteoinducción, osteoconducción y osteointegración	Alúmina de alta densidad, recubrimientos de metal con vidrio bioactivo o HA	(R. & Gibson, 2020; Thamaraiselvi & Rajeswari, 2004; Tipper, 2002; Hannouche, Zaoui, Zadegan, Sedel, & Nizard, 2011)
Placas, alambres, tornillos para hueso	Reparación de fracturas, promueve osteointegración	Fibras compuestas de vidrio bioactivo-metal, fibras compuestas de polisulfona-carbono	(R. & Gibson, 2020; Thamaraiselvi & Rajeswari, 2004; Belwanshi, Jayaswal, & Aherwar, 2021)
Clavos intramedulares	Alineamiento de fracturas, promueve osteointegración	Fibras compuestas de vidrio bioactivo-metal, fibras compuestas de polisulfona-carbono	(R. & Gibson, 2020; Thamaraiselvi & Rajeswari, 2004; Belwanshi, Jayaswal, & Aherwar, 2021)
Miembros artificiales implantados permanentemente	Reemplazo de extremidades faltantes, promueve osteointegración	Fibras compuestas de vidrio bioactivo-metal, fibras compuestas de polisulfona-carbono	(R. & Gibson, 2020; Thamaraiselvi & Rajeswari, 2004; Belwanshi, Jayaswal, & Aherwar, 2021)
Varillas de Harrington	Corrección de curvatura espinal crónica, promueve osteointegración	Fibras compuestas de vidrio bioactivo-metal, fibras compuestas de polisulfona-carbono	(R. & Gibson, 2020; Thamaraiselvi & Rajeswari, 2004; Belwanshi, Jayaswal, & Aherwar, 2021)
Espaciadores y extensores de vértebras	Corrección de deformidades congénitas	Alúmina	(R. & Gibson, 2020; Thamaraiselvi & Rajeswari, 2004; Belwanshi, Jayaswal, & Aherwar, 2021; Sharma, Sharma, & Issar, 2020)
Fusión vertebral	Inmovilización de las vértebras para proteger la médula espinal, promueve osteoinducción y osteoconducción	Vidrio bioactivo	(R. & Gibson, 2020; Thamaraiselvi & Rajeswari, 2004; Belwanshi, Jayaswal, & Aherwar, 2021; Sharma, Sharma, & Issar, 2020)
Implantes de reemplazo de dientes endoósseos	Reemplazo de dientes enfermos, dañados o flojos, promueve osteoinducción y osteoconducción	Alúmina, vidrio bioactivo, hidroxiapatita densa, carbono vítreo	(R. & Gibson, 2020; Thamaraiselvi & Rajeswari, 2004; Belwanshi, Jayaswal, & Aherwar, 2021; Afzal, 2014)
Andamios cerámicos, sustituto de injerto óseo	Relleno de defectos, regeneración de tejido	Zirconia, HA, $\alpha$ -TCP, $\beta$ -TCP	(Kumar, Dehiya, & Sindhu, 2018)
Anclaje ortodóntico, cemento dental	Postes para la aplicación de estrés necesaria para cambiar la deformidad, fijación de aparatos de ortodoncia, coronas o implantes, relleno de caries, promueve osteoinducción, osteoconducción y osteointegración	Alúmina recubierta de vidrio bioactivo, vitralio recubierto de vidrio bioactivo, Cemento de Portland, <i>Biodentine</i> ®, MTA	(R. & Gibson, 2020; Vallet-Regí, Ruiz-González, Izquierdo-Barba, & González-Calbet, 2006)
Cemento quirúrgico	Anclaje de prótesis, promueve osteoinducción y osteoconducción	Hidroxiapatita bovina, HA, $\beta$ -TCP	(Daglilar & Erkan, 2007)
Reemplazo de hueso alveolar, reconstrucción de la mandíbula	Restauración de la cresta alveolar para mejorar el ajuste de la dentadura, promueve osteoinducción y osteoconducción	Compuesto de politetrafluoroetileno (PTFE)- carbono, alúmina porosa, vidrio bioactivo, apatita densa	(R. & Gibson, 2020; Thamaraiselvi & Rajeswari, 2004; Surya Raghavendra, Jadhav, Gathani, & Kotadia, 2017)

## **Diseño de biomateriales para regeneración ósea**

El diseño de biomateriales es una importante área a tomar en cuenta actualmente puesto que esta área ha sufrido fuertes cambios a lo largo de su historia evaluando diversas características de estos, para el diseño de un biomaterial es necesario partir desde la característica más importante de un biomaterial, esta característica es la biocompatibilidad, la cual suele verse como un prerrequisito para el diseño. En regeneración ósea frecuentemente se emplean biomateriales para cubrir los daños que sufre este tejido por enfermedad, falla tisular, fractura y edad (Winkler, Sass, Duda, & Schmidt-Bleek, 2018).

Debido a los avances que se han hecho en el campo de los biomateriales cada vez se evalúan más aspectos a la hora de su diseño mejorando el comportamiento de este y la respuesta que produce sobre el cuerpo. El diseño de biomateriales ha sido un área en constante cambio aproximadamente desde mediados de los 1800s con el descubrimiento del *Ivory material* que posee una buena estabilidad y además baja degradación y reabsorción, este material introdujo la degradación controlada como variable en el diseño de biomateriales (Winkler, Sass, Duda, & Schmidt-Bleek, 2018).

Hoy en día, se evalúan diversas propiedades y características para el diseño de biomateriales dependiendo de aspectos como el tejido circundante y funcionalidad para la que vaya a ser diseñado (Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015). Actualmente destacan las siguientes características físicas, químicas y biológicas para el diseño de un biomaterial de regeneración ósea: biocompatibilidad, degradación controlada, vascularización, osteoconductividad, osteoinductividad, ambiente osteogénico, microestructuras de crecimiento y presencia de osteogénesis (Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015). En conjunto con las características antes mencionadas se lleva a cabo el proceso de diseño de un biomaterial orientado a regeneración de tejido óseo, el proceso actualmente consta de cinco fases de diseño:

- 1) *Fase inicial*. Para esta fase se busca un material que se asemeje lo más posible al tejido que será reemplazado y que sea capaz de estabilizar la lesión que sufrió el cuerpo, el material buscado debe solventar problemáticas como la reacción del sistema inmune, durante el diseño de un biomaterial la reacción que este tendrá sobre el sistema inmune es decisiva puesto que es el primer filtro que posee el cuerpo para aceptar o descartar el uso de un biomaterial (Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015; Winkler, Sass, Duda, & Schmidt-Bleek, 2018).
- 2) *Fase de tejido de granulación*. Es necesario que un biomaterial permita el flujo de la cascada de regeneración, es necesario que tenga una reacción inflamatoria controlada y que permita la revascularización del área, los biomateriales pueden ser diseñados con microestructuras en su superficie que faciliten la revascularización,

otra técnica para lograr este efecto es el uso de potencial angiogénico de un material específico (Winkler, Sass, Duda, & Schmidt-Bleek, 2018; Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015).

- 3) *Fase de cartílago.* Durante esta fase se diseñan aspectos directos de la reparación de tejido óseo, actualmente el proceso de diseño durante esta fase se emplea el factor de crecimiento y diferenciación que ha demostrado tener gran influencia en la reparación y consolidación del tejido (Winkler, Sass, Duda, & Schmidt-Bleek, 2018; Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015).
- 4) *Fase de hueso fibroso.* Los tejidos celulares son capaces de percibir su entorno, debido a esta capacidad es importante que el biomaterial forme un microambiente ideal para el desarrollo del tejido óseo, cuando se presenta un daño en el tejido y la regeneración de esta falla se da lugar a la creación de tejido fibroso el cual carece de características como dureza e impide la formación de hueso sano, debido a este comportamiento es necesario que el biomaterial se mimetice lo más posible con el hueso, esto depende de factores como estructura, composición y elasticidad, debido a los diferentes daños que puede sufrir el hueso, esto depende de factores como estructura, composición y elasticidad; debido a los diferentes daños que puede sufrir el tejido óseo es importante identificar el tipo de célula ósea que se quiera regenerar ya que variaciones en las características del material pueden inducir un estímulo en los diferentes tipos de célula ósea beneficiando la formación del tejido deseado (Winkler, Sass, Duda, & Schmidt-Bleek, 2018; Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015).
- 5) *Fase de remodelado.* El remodelado del hueso es la fase final del diseño y este se realiza para adaptar de forma óptima el biomaterial al estrés, carga y tensiones que este deberá soportar dentro del paciente, los biomateriales deben ser diseñados para permitir el intercambio de fuerzas entre el biomaterial y el hueso, es importante no separar al hueso de las fuerzas mecánicas ya que esto debilitaría el hueso y la interfaz entre el hueso y el biomaterial, llevando así a la pérdida del implante (Yu, Tang, Gohil, & Laurencin, 2015; Winkler, Sass, Duda, & Schmidt-Bleek, 2018).

## **Discusión**

La presente revisión aborda la evolución de los biomateriales cerámicos en la regeneración de tejido óseo, subrayando la progresión desde los injertos óseos autógenos, con sus limitaciones de disponibilidad y capacidad regenerativa en pacientes geriátricos, hacia avanzados biomateriales cerámicos. (Xia, 2016)

Las biocerámicas han evolucionado de ser simples implantes bioinertes, como la alúmina y la zirconia, a materiales bioactivos y reabsorbibles con capacidades mejoradas de osteointegración y osteoinducción. Se destaca el papel de los fosfatos de calcio y los vidrios bioactivos en esta transición, proporcionando un ambiente favorable para la osteogénesis y la angiogénesis.

Un enfoque significativo de la discusión es la tercera generación de biocerámicas, donde la intersección de la nanotecnología y la terapia celular augura un futuro prometedor. Se discuten materiales biomiméticos, como fosfatos de calcio sintéticos y estructuras andamiaje producidas mediante impresión 3D, diseñadas para adaptarse a la micro y nanoescala, mejorando así la interacción biomaterial-tejido. (Samaniego Arroyo, Múzquiz Ramos, & López Badillo, 2020; Wu, Ramaswamy, & Zreiqat, 2010)

Se analiza cómo la integración de iones, fármacos y células en matrices cerámicas puede potenciar la osteogénesis en pacientes con capacidades regenerativas disminuidas. Esta aproximación multidisciplinaria podría superar los retos mecánicos, como la fragilidad y la baja tenacidad, inherentes a las biocerámicas tradicionales. (Akilal, 2019; Huang, Liu, Ouyang, & Feng, 2020)

## **Conclusión**

Este artículo ha revisado críticamente los avances y el impacto de las biocerámicas en la regeneración de tejido óseo. A pesar de las limitaciones mecánicas de las generaciones anteriores, las innovaciones recientes, especialmente en la tercera generación de biocerámicas, prometen superar estos desafíos. La integración de la nanotecnología y la terapia celular ha abierto nuevas vías para mejorar la osteoinducción y osteointegración. Mirando hacia el futuro, el campo de las biocerámicas en la medicina regenerativa se encuentra en un punto de inflexión, con la investigación y el desarrollo continuo en micro/nanotecnología y bioingeniería preparados para ofrecer soluciones más eficientes y personalizadas para la regeneración ósea. Estos avances auguran un impacto significativo en el tratamiento de defectos óseos y mejoras en la calidad de vida de los pacientes.

**Conflicto de Intereses:** Declaramos que no tenemos conflictos de intereses.

**Patrocinio:** Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiación del sector público, comercial o sin fines de lucro.

**Disponibilidad de Datos:** El conjunto completo de datos está disponible en el contenido del artículo.

## References:

1. A., Festas., Ramos, A., & Davim, J. (2020). "Medical devices biomaterials – A review," . *Proc. Inst. Mech. Eng. Part L J. Mater. Des. Appl.*, 234(1).
2. AABB. (6 de Mayo de 2021). *Association for the Advancement of Blood & Biotherapies*. (AABB) Recuperado el 2023, de <https://www.aabb.org/news-resources/resources/cellular-therapies/facts-about-cellular-therapies/regenerative-medicine> (accessed May 06, 2021).
3. Adler, A. F., & Leong, K. W. (2010). "Emerging links between surface nanotechnology and endocytosis: Impact on nonviral gene delivery" . *Nano Today*, 5(6).
4. Afzal, A. (2014). "Implantable zirconia bioceramics for bone repair and replacement: A chronological review" . *Mater. Express*, 4(1).
5. Akilal, N. e. (2019). "Cowries derived aragonite as raw biomaterials for bone regenerative medicine" . *Mater. Sci. Eng. C*, 94.
6. Ana, I. D., Satria, G. A., Dewi, A. H., & Ardhani, R. (2018). "Bioceramics for Clinical Application in Regenerative Dentistry". *Adv. Exp. Med. Biol.*, 1077.
7. Ansari, M. (2019). "Bone tissue regeneration: biology, strategies and interface studies" . *Prog. Biomater*, 8(223-237).
8. Arcos, D., del Real, R. P., & Vallet-Regí, M. (2002). "A novel bioactive and magnetic biphasic material". *Biomaterials*, 23(10).
9. Bai, X., Gao, M., Syed, S., Zhuang, J., Xu, X., & Zhang, X. (2018). "Bioactive hydrogels for bone regeneration" . *Bioactive Materials*, 3(4).
10. Barradas, A. M. (2012). A. "A calcium-induced signaling cascade leading to osteogenic differentiation of human bone marrow-derived mesenchymal stromal cells". 33(11), 3205-3215.
11. Barradas, A., Yuan, H., van Blitterswijk, C., & Habibovic, P. (2011). A. Barradas, H. Yuan, C. van "Osteoinductive biomaterials: current knowledge of properties, experimental models and biological mechanisms" . *Eur. Cells Mater.*, 21.
12. Behzadi, S., Luther, G. A., Harris, M. B., Farokhzad, O. C., & Mahmoudi, M. (2017). "Nanomedicine for safe healing of bone trauma: Opportunities and challenges" . 146, 168-142.
13. Belwanshi, M., Jayaswal, P., & Aherwar, A. (2021). "A study on tribological effect and surface treatment methods of Bio-ceramics composites". *Mater. Today Proc.*, 44.
14. Brånemark, R., Brånemark, P., Rydevik, B., & Myers, R. (2001). R. Brånemark, P. Brånemark, B. Rydevik, and R. Myers,

- “Osseointegration in skeletal reconstruction and rehabilitation: a review” . *J Rehabil Res Dev*, 38(2).
15. Breine, U. e. (1964). “A clinical and experimental study following removal of bone marrow by curettage” . *Acta Anat. (Basel)*, 59, 1-46.
  16. C. Hu, C., Ashok, D., Nisbet, D. R., & Gautam, V. (2019). Bioinspired surface modification of orthopedic implants for bone tissue engineering. 219.
  17. Chai, Y. C. (2012). “Current views on calcium phosphate osteogenicity and the translation into effective bone regeneration strategies” . *Acta Biomater*, 8(11).
  18. Charles, L. F., Shaw, M. T., Olson, J. R., & Wei, M. (2010). L. F. Charles, M. “Fabrication and mechanical properties of PLLA/PCL/HA composites via a biomimetic, dip coating, and hot compression procedure”. *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, 21(6), 1845-1854.
  19. Cuenca, A. A., & Phinevy, L. (2013). Comportamiento de la fractura de cadera en adultos mayores. *Geroinfo*, 8.
  20. Cushnie, E. K., Khan, Y. M., & Laurencin, C. T. (2008). E. K. Cushnie, Y. M. “Amorphous hydroxyapatite-sintered polymeric scaffolds for bone tissue regeneration: Physical characterization studies” . *J. Biomed. Mater. Res.*, 84(1).
  21. Daglilar, S., & Erkan, M. E. (2007). “A study on bioceramic reinforced bone cements” . *Mater. Lett*, 61(7).
  22. Dahiya, R., Mishra, S., & Bano, S. (2019). “Application of Bone Substitutes and Its Future Prospective in Regenerative Medicine”. in *Biomaterial-supported Tissue Reconstruction or Regeneration*, IntechOpen.
  23. del Real, R. P., Arcos, D., & Vallet-Regí, M. (2002). “Implantable Magnetic Glass–Ceramic Based on (Fe,Ca)SiO<sub>3</sub> Solid Solutions”. *Chem. Mater.*, 14(1).
  24. Delgado Morales, J. C., García Estiven, A., Vázquez Castillo , M., & Campbell Miñoso, M. (2013). Osteoporosis, caídas y fractura de cadera. Tres eventos de repercusión en el anciano. *Revista Cubana*, 41-46.
  25. Eliaz, N., & Metoki, N. (2017). Calcium Phosphate Bioceramics: A Review of Their History, Structure, Properties, Coating Technologies and Biomedical Applications”. *Materials (Basel)*, 10(4).
  26. Fagerlund, S., & Hupa, L. (2017). “Chapter 1: Melt-derived Bioactive Silicate Glasses” . *Royal Society of Chemistry*(23).
  27. Family, R., Solati-Hashjin, M., Namjoy Nik, S., & Nemati, A. (2012). “Surface modification for titanium implants by hydroxyapatite nanocomposite” . *Casp. J. Intern. Med.*, 3(3).

28. García-Gareta, E., Coathup, M. J., & Blunn, G. W. (2015). "Osteoinduction of bone grafting materials for bone repair and regeneration" . , 81.
29. Gil-Albarova, J. e. (2005). "The in vivo behaviour of a sol–gel glass and a glass-ceramic during critical diaphyseal bone defects healing". *Biomaterials*, 26(21).
30. H. Suárez Monzón, L. Á. (2016). Impacto de los diferentes factores acerca de la sobrevida en pacientes con fractura de cadera. *Revista cubana de ortopedia y traumatología*, 30(1), 1-12.
31. Hannouche, D., Zaoui, A., Zadegan, F., Sedel, L., & Nizard, R. (2011). "Thirty years of experience with alumina-on-alumina bearings in total hip arthroplasty" . *Int. Orthop*, 35(2).
32. Hench, L. L. (2002). "Third-Generation Biomedical Materials". *Science* (80-. ), 295(5557).
33. Hench, L. L. (2006). "The story of Bioglass®" . *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, 17(11).
34. Hsu, P.-Y., Kuo, H.-C., Syu, M.-L., Tuan, W.-H., & Lai, P. (2020). "A head-to-head comparison of the degradation rate of resorbable bioceramics" . *Mater. Sci. Eng. C*, 106.
35. Hu, C., Ashok, D., & D.R. Nisbet, a. V. (s.f.). Bioinspired surface modification of orthopedic implants for bone tissue engineering. *Biomaterials*, 219.
36. Huang, Q., Liu, Y., Ouyang, Z., & Feng, Q. (2020). "Comparing the regeneration potential between PLLA/Aragonite and PLLA/Vaterite pearl composite scaffolds in rabbit radius segmental bone defects" . *Bioact. Mater.*, 5(4).
37. Hubbel, J. (1999). "Bioactive biomaterials" . *Curr. Opin. Biotechnol.*, 10(2).
38. Hubbell, J. A., & Chilkoti, A. (2012). "Nanomaterials for Drug Delivery" . *Science* (80-. ), 337(6092).
39. Hudalla, G. A., & Murphy, W. L. (2011). "Biomaterials that Regulate Growth Factor Activity via Bioinspired Interactions". *Adv. Funct. Mater.*, 21(10).
40. Jafari, S., Derakhshankhah, H., Alaei, L., Fattahi, A., Varnamkhasti, B. S., & Saboury, A. A. (2019). "Mesoporous silica nanoparticles for therapeutic/diagnostic applications" . *Biomed. Pharmacother.*, 109.
41. Krishnan, L., Willett, N. J., & Guldborg, R. E. (2014). "Vascularization Strategies for Bone Regeneration" . *Ann. Biomed. Eng.*, 42(2), 432-444.
42. Krishnan, V., & Lakshmi, T. (2013). "Bioglass: A novel biocompatible innovation" . *J. Adv. Pharm. Technol. Res.*, 4(2).

43. Kumar, P., Dehiya, B. S., & Sindhu, A. (2018). "Bioceramics for Hard Tissue Engineering Applications: A Review" . *Int. J. Appl. Eng. Res.*, 13(5), 2744-2752.
44. Leng, Y. e. (2019). "Material-based therapy for bone nonunion" . *Mater. Des.*, 183.
45. Li, X. e. (2011). "Osteogenic differentiation of human adipose-derived stem cells induced by osteoinductive calcium phosphate ceramics" . *J. Biomed. Mater. Res. Part B Appl. Biomater.*, 97B(1).
46. Liu, Y., Wu, G., & de Groot, K. (2010). "Biomimetic coatings for bone tissue engineering of critical-sized defects" . *J. R. Soc. Interface*, 7(5).
47. Lv, Q., M. Deng, M., Ulery, B. D., Nair, L. S., & Laurencin, C. T. (2013). Nano-ceramic Composite Scaffolds for Bioreactor-based Bone Engineering. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 471(8).
48. Madden, L. R. (2010). "Proangiogenic scaffolds as functional templates for cardiac tissue engineering" . *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 107(34).
49. Martinez, C. A., & Ozols, A. (2012). Biomateriales utilizados en cirugía ortopédica como sustitutos del tejido óseo. *Revista la asociación Argentina Ortop. Y traumatología*, 77(2).
50. Mazilu, C., Ionescu, L., Rotiu, E., Dinischioutu, A., & Campean, A. (2006). "Bioactive vitroc ceramic utilized in modern reparatory medicine". *C. Mazilu, L. Ionescu, E. Rotiu, A. Dinischioutu, and A. Campean, J. Optoelectron. Adv. Mater.*, 8(2).
51. Miller, J. S. (2012). "Rapid casting of patterned vascular networks for perfusable engineered three-dimensional tissues" . *Nat. Mater.*, 11(9).
52. Mosquera, M., Maurel, D., Pavón, S., Arregui, A., Moreno, C., & Vázquez, J. (abril de 1998). Incidencia y factores de riesgo de la fractura de fémur proximal por osteoporosis. *Rev Panam Salud Pública*.
53. Nguyen, E. H., Zanutelli, M. R., Schwartz, M. P., & Murphy, W. L. (2014). Differential effects of cell adhesion, modulus and VEGFR-2 inhibition on capillary network formation in synthetic hydrogel arrays. *E. H. Nguyen, M. R. Zanutelli, M. P. Schwartz, and W. L. Murphy, "Differential effects of cell adhesion, modulus and VE Biomaterials*, 35(7).
54. Novosel, E. C., Kleinhans, C., & Kluger, P. J. (2011). "Vascularization is the key challenge in tissue engineering" . *Adv. Drug Deliv. Rev.*, 63(4-5).
55. Olivares-Navarrete, R. e. (2012). "Osteoblast maturation and new bone formation in response to titanium implant surface features are reduced with age" . *J. Bone Miner. Res.*, 27(8).

56. Phelps, E. A., & García, A. J. (2010). "Engineering more than a cell: vascularization strategies in tissue engineering" . *Curr. Opin. Biotechnol.*, 21(5).
57. Popp, J. R., Laflin, K. E., Love, B. J., & Goldstein, A. S. (2011). J. R. Popp, K. E. Laf "In vitro evaluation of osteoblastic differentiation on amorphous calcium phosphate-decorated poly(lactic-co-glycolic acid) scaffolds" . *J. Tissue Eng. Regen. Med.*, 5(10).
58. Portal Núñez, S., de la Fuente, M., Díez, A., & Esbrit, P. (2016). El estrés oxidativo como posible diana terapéutica en la osteoporosis asociada al envejecimiento. *Scielo*.
59. Qiu, Z. Y., Cui, Y., & Wang, X. M. (2019). "Natural bone tissue and its biomimetic," in Mineralized Collagen Bone Graft Substitutes. *Elsevier*.
60. Qu, H., Fu, H., Han, Z., & Sun, Y. (2019). Biomaterials for bone tissue engineering scaffolds: A review. *RSC Advances*, 9(45).
61. R., J. J., & Gibson, I. R. (2020). "Ceramics, Glasses, and Glass-Ceramics" . in *Biomaterials Science*, Elsevier.
62. Rattier, B. D., Hoffman, A. S., Schoen, F. J., & Lemons, J. E. (1997). "Biomaterials Science". *J. Clin. Eng.*, 22(1).
63. Rezwani, K., Chen, Q. Z., Blaker, J. J., & Boccaccini, A. R. (2006). K. Rezwani, Q. Z. Chen, J. J. Blake "Biodegradable and bioactive porous polymer/inorganic composite scaffolds for bone tissue engineering" . 27(18).
64. Ridzwan, M. I., Shuib, S., Hassan, A. Y., Shokri, A. A., & Mohamad Ib, M. N. (2007). "Problem of Stress Shielding and Improvement to the Hip Implant Designs: A Review". *J. Med. Sci.*, 7(3).
65. Ruiz-Hernández, E., Serrano, M. C., Arcos, D., & Vallet-Regí, M. (2006). "Glass-glass ceramic thermoseeds for hyperthermic treatment of bone tumors". *J. Biomed. Mater. Res.* , 79(3).
66. Salinas, A. J., & Vallet-Regí, M. (2013). "Bioactive ceramics: from bone grafts to tissue engineering" . *RSC Adv.*, 3(28).
67. Salinas, A., & Vallet-Regí, M. (2007). "Evolution of Ceramics with Medical Applications". *Zeitschrift für Anorg. und Allg. Chemie*, 633(11-12).
68. Samaniego Arroyo, L. L., Múzquiz Ramos, E. M., & López Badillo, C. M. (2020). "Dióxido (CaMgSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>) un biocerámico prometedor en aplicaciones de ingeniería tisular" . *CienciAcierta*, 63.
69. Shanmugam, K., & Sahadevan, R. (2018). "Bioceramics-An introductory overview". *Elsevier Inc.*, 1-46.
70. Sharma, A., Sharma, G., & Issar, P. (2020). "Evaluation of bio ceramic material: An overview" .

71. Standring, S. E. (2015). *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice. Elsevier.*
72. Suárez, M., Yero, A., & Quintana, L. (2016). Impacto de los diferentes factores acerca de la sobrevida en pacientes con fractura de cadera. *Revista Cubana*, 8-26.
73. Sun, G. e. (2011). "Dextran hydrogel scaffolds enhance angiogenic responses and promote complete skin regeneration during burn wound healing". *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 108(52).
74. Surya Raghavendra, S., Jadhav, G. R., Gathani, K. M., & Kotadia, P. (2017). "Bioceramics in endodontics – a review" . *J. Istanbul Univ. Fac. Dent.*, 51(0).
75. Thamaraiselvi, T., & Rajeswari, S. (2004). "Biological Evaluation of Bioceramic Materials - A Review" . *Trends Biomater. Artif. Organs*, 18(1).
76. Tipper, J. L. (2002). "Alumina–alumina artificial hip joints. Part II: Characterisation of the wear debris from in vitro hip joint simulations" . 23(16).
77. Ulery, B. D., Nair, L. S., & Laurencin, C. T. (2011). "Biomedical applications of biodegradable polymers" . *J. Polym. Sci. Part B Polym. Phys.*, 49(12).
78. Uskoković, V., Janković-Častvan, I., & Wu, V. (2019). Bone Mineral Crystallinity Governs the Orchestration of Ossification and Resorption During Bone Remodeling. *ACS Biomater, Sci. Eng.*, 5(7).
79. Vallet-Regí, M. (2008). "Current trends on porous inorganic materials for biomedical applications" . *Chem. Eng. J.*, 137(1).
80. Vallet-Regí, M. (2010). "Evolution of bioceramics within the field of biomaterials" . *Comptes Rendus Chim.*, 13(1-2).
81. Vallet-Regí, M., Ruiz-González, L., Izquierdo-Barba, I., & González-Calbet, J. M. (2006). "Revisiting silica based ordered mesoporous materials: medical applications". *J. Mater. Chem.*, 16(1).
82. Vallet-Regí, M., Salinas, A. J., & Arcos, D. (2006). "From the bioactive glasses to the star gels" . *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, 17(11).
83. Webster, T. (2000). "Enhanced functions of osteoblasts on nanophase ceramics" . *Biomaterials*, 21(17).
84. Winkler, T., Sass, F. A., Duda, G. N., & Schmidt-Bleek, K. (2018). T. Winkler, F. A. Sass, "A review of biomaterials in bone defect healing, remaining shortcomings and future opportunities for bone tissue engineering" . *Bone Jt. Res*, 7(3), 232-243.
85. World Health Organization. (26 de April de 2021). *World Health Organization*. Obtenido de World Health Organization: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/falls>

86. Wu, C., Ramaswamy, Y., & Zreiqat, H. (2010). "Porous diopside (CaMgSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>) scaffold: A promising bioactive material for bone tissue engineering" . *Acta Biomater.*, 6(6).
87. Xia, L. e. (2016). "Akermanite bioceramics promote osteogenesis, angiogenesis and suppress osteoclastogenesis for osteoporotic bone regeneration" . *Sci. Rep.*, 6(1).
88. Xynos, I. D., Hukkanen, M. V., Batten, J. J., Buttery, L. D., Hench, L. L., & Polak, J. M. (2000). "Bioglass ®45S5 Stimulates Osteoblast Turnover and Enhances Bone Formation In Vitro: Implications and Applications for Bone Tissue Engineering,". *Calcif. Tissue Int.*, 67(4).
89. Yin, L., & Zhong, Z. (2020). Nanoparticles. En *Biomaterials Science* (págs. 453-483). Academic Press.
90. Yu, X., & Wei, M. (2013). Cellular Performance Comparison of Biomimetic Calcium Phosphate Coating and Alkaline-Treated Titanium Surface. *Biomed Res. Int.*, 2013.
91. Yu, X., Botchwey, E. A., Levine, E. M., Pollack, S. R., & Laurencin, C. T. (2004). "Bioreactor-based bone tissue engineering: The influence of dynamic flow on osteoblast phenotypic expression and matrix mineralization" . *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 101(31).
92. Yu, X., Tang, X., Gohil, S. V., & Laurencin, C. T. (2015). "Biomaterials for Bone Regenerative Engineering" . *Adv. Healthc. Mater.*, 4(9).
93. Zhai, W. e. (2012). "Silicate bioceramics induce angiogenesis during bone regeneration". *Acta Biomater.*, 8(1).
94. Zhu, L., Luo, D., & Liu, Y. (2020). "Effect of the nano/microscale structure of biomaterial scaffolds on bone regeneration" . *Int. J. Oral Sci.*, 12(1).

## Conocimiento del Anticonceptivo de Emergencia O “Píldora del Día Siguiente”, en Estudiantes Universitarios

*América Guadalupe Esquivel Ruiz*

*Maribel Guadalupe Espino Ángeles*

*María Fernanda Rodríguez Rodríguez*

Pasante de Enfermería en Servicio Social

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Enfermería, México

*René Rico Sánchez, Maestro en Ciencias de Enfermería*

*Sarket Gizeh Juárez Nilo, Maestra en Enfermería*

*Adriana Martínez Díaz, Maestra en Ciencias*

*María Carlota García Gutiérrez, Doctora en Ciencias*

*Ruth Magdalena Gallegos Torres, Doctora en Ciencias de la Salud*

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Enfermería, México

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p33](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p33)

Submitted: 03 January 2024

Accepted: 25 March 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Esquivel Ruiz A.G., Espino Ángeles M.G., Rodríguez Rodríguez M.F., Rico Sánchez R., Juárez Nilo S.G., Martínez Díaz A., García Gutiérrez M.G. & Gallegos Torres R.M. (2024). *Conocimiento del Anticonceptivo de Emergencia O “Píldora del Día Siguiente”, en Estudiantes Universitarios*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 33.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p33>

### Resumen

**Introducción.** Un embarazo no deseado se ha convertido en un grave problema de salud pública, el cual está estrechamente relacionado con una deficiente educación sexual, adopción de conductas sexuales de riesgo y poco conocimiento de los métodos anticonceptivos de emergencia. **Objetivo.** Determinar el nivel de conocimiento que tienen los jóvenes universitarios sobre el uso de la píldora del día siguiente, mediante la aplicación de un cuestionario, con la finalidad de tener un referente actual del fenómeno. **Metodología.** Estudio transversal, descriptivo, se trabajó con 308 estudiantes de la Facultad de Derecho y Química, de una universidad pública. Muestreo fue por conveniencia. Se consideraron alumnos cuyas parejas sexuales fueran del sexo contrario o bien, ambos y que tuvieran vida sexual activa, de quienes se obtuvo consentimiento verbal. Análisis de datos mediante estadística

descriptiva usando el programa EXCEL y SPSS. **Resultados.** Se tuvieron 210 cuestionarios de la Facultad de Derecho y 98 de Química. 58% de los jóvenes fueron mujeres. Del total de participantes, 264 respondieron a la pregunta de si han usado alguna vez la pastilla. De estos, 77.3% sí han recurrido a ella desde que iniciaron su vida sexual. Con respecto al nivel de conocimientos, los alumnos de Derecho, tuvieron 30% de conocimiento regular y malo y en Química 30.6%. Con respecto al género, 31% de los datos erróneos, fueron de las mujeres y 40% de los varones. **Conclusiones.** Un alto porcentaje de alumnos han usado este medicamento, por lo que es necesario reforzar los conocimientos sobre su correcto uso.

---

**Palabras clave:** Anticonceptivo de emergencia, conocimiento, estudiantes

---

## **Knowledge About Postcoital Contraceptives or 'Day After Pill' Among University Students**

*América Guadalupe Esquivel Ruiz*

*Maribel Guadalupe Espino Ángeles*

*María Fernanda Rodríguez Rodríguez*

Pasante de Enfermería en Servicio Social

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Enfermería, México

*René Rico Sánchez, Maestro en Ciencias de Enfermería*

*Sarket Gizeh Juárez Nilo, Maestra en Enfermería*

*Adriana Martínez Díaz, Maestra en Ciencias*

*María Carlota García Gutiérrez, Doctora en Ciencias*

*Ruth Magdalena Gallegos Torres, Doctora en Ciencias de la Salud*

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Enfermería, México

---

### **Abstract**

**Introduction.** Unwanted pregnancies have become a serious public health problem, which is closely related to poor sexual education, adoption of risky sexual behaviors and little knowledge of emergency contraceptive methods. **Objective.** To determine the level of knowledge that young university students have about the use of the morning-after pill, through the application of a questionnaire, in order to have a current frame of reference about this phenomenon. **Methodology.** Cross-sectional, descriptive study. We worked with 308 students from the College of Law and Chemistry of a public university. We used convenience sampling. We considered students whose sexual partners were of the opposite or same sex, and who were sexually active, and their verbal consent was obtained. Data analysis was conducted through descriptive statistics using EXCEL and the SPSS program. **Results.**

210 questionnaires were obtained from the College of Law and 98 from Chemistry. 58% of the participants were women. Of the total participants, 264 responded to the question of whether they had ever used the pill. Of these, 77.3% indicated they have resorted to it since they became sexually active. Regarding the level of knowledge, 30% of Law students had average and poor knowledge, and Chemistry students 30.6%. Regarding gender, 31% of those with no knowledge of the pill were women and 40% were men. **Conclusion.** A high percentage of students have used this medication, so it is necessary to reinforce knowledge about its correct use.

---

**Keywords:** Contraceptives, Poscoital; Knowledge; Students

### **Introducción**

La adolescencia es una etapa de transición donde hay una cantidad de cambios físicos, sexuales, cognitivos sociales y emocionales; en este sentido, la mayoría de los estudiantes que ingresa a la universidad se encuentra en esta etapa (Allen & Waterman, 2019).

Un embarazo en la adolescencia trae consigo diversos problemas de salud; fenómenos psicosociales, económicos, entre otros. Se encuentra implícito un componente de vulnerabilidad aunado al desconocimiento de los derechos sexuales y reproductivos derivados del acceso a la información, educación sexual y medios que permiten ejercer correctamente los derechos sexuales y reproductivos de los adolescentes (Organización Panamericana de la Salud [OPS] & Organización Mundial de la Salud [OMS], 2013).

Datos de la OMS y de la OPS (Organización Panamericana de la Salud, 2018) afirman que, de los 252 millones de adolescentes de entre 15 y 19 años de las regiones en desarrollo del mundo, 38 millones son sexualmente activos y no desean tener hijos en los próximos años.

En la actualidad, los adolescentes inician sus relaciones sexuales cada vez más temprano, aunque es una práctica para la que no están preparados, ya que, pese a que han dejado de ser niños, todavía no son adultos (Calero Yera et al., 2017). Este tipo de decisiones puede llevar a un cambio rotundo en sus vidas dando origen a un embarazo no deseado.

En este sentido, se aclara, que se inicia el contexto del fenómeno abordado desde la edad adolescente, dado que los estudiantes universitarios aún están saliendo de esta etapa con respecto a la edad que tienen.

El principal factor de riesgo para tener un embarazo no deseado es el bajo nivel socioeconómico, falta de educación integral en sexualidad, roles de género, salud sexual y reproductiva; ciudadanía sexual, placer, violencia, diversidad y tipos de relaciones (Castillo Nuñez et al., 2023). Así mismo, durante el 2019, se encontró en un estudio realizado a 127 estudiantes universitarias que el 21.2% de las jóvenes había tenido un embarazo no

deseado (Manosalvas et al., 2022).

Otra problemática que compromete la salud del adolescente son las conductas sexuales de riesgo, que involucran tanto la salud sexual y reproductiva, así como el desarrollo psicológico y social del joven. Los factores que la constituyen incluyen el inicio sexual en una edad temprana, edad mayor a 20 años, prácticas sexuales sin protección (Badillo-Viloria et al., 2020), la impulsividad, inmediatez y la invulnerabilidad. Este tipo de conductas es impulsado por la percepción que tiene el joven sobre lo que hace un grupo de pares o lo que cree que es una conducta esperada (GonÇalves Câmara et al., 2007).

La frecuencia de los comportamientos de riesgo puede radicar en el poco acceso a información necesaria sobre métodos anticonceptivos y de emergencia (Peláez Mendoza, 2016), lo que constituye un importante determinante para incurrir en este tipo de conductas. Además, el consumo excesivo de alcohol incrementa la probabilidad de incidir en acciones de riesgo en las relaciones sexuales (Sarasa-Renedo et al., 2014).

Al respecto, la anticoncepción de urgencia previene más del 95% de los embarazos cuando se utiliza dentro de los cinco días posteriores a la relación sexual. Se recurre a los métodos de emergencia en las siguientes situaciones: después una relación sexual sin protección, cuando falla algún método o se utilizaron incorrectamente y en caso de agresión sexual si no se cuenta con la protección de algún anticonceptivo (Organización Mundial de la Salud, 2021).

La píldora de emergencia es un método hormonal anticonceptivo de emergencia poscoito; su componente es el Levonorgestrel. Su mecanismo de acción es el progestágeno sintético que modifica la función ovárica, produce un aumento en la densidad del moco cervical y evita el paso de los espermatozoides hacia el útero. También suprime la actividad endometrial y puede evitar la implantación del blastocito (Instituto Mexicano del Seguro Social, 2022). Al ser un medicamento hormonal es importante que se conozca la información completa del fármaco y tener conocimiento sobre los posibles efectos secundarios, ya que es de libre venta en México.

En una investigación realizada en adolescentes en Huánuco, Perú, se refleja que el 81,5% recibió información sobre la anticoncepción oral, sin embargo, el conocimiento sobre el uso de la píldora del día siguiente es de 57,6% (Palomino Cantalicio, 2019). En otro estudio se encontró un mayor uso de la píldora del día siguiente en usuarias con edades entre 24–29 años (Cotrina Ruiz & Torres Soria, 2018).

Los resultados arrojados de una investigación realizada en Villahermosa, Tabasco, México mencionan que el mayor consumo de la píldora está relacionado con mantener relaciones sexuales sin protección, lo que supone que los jóvenes no cuidan su salud sexual al dejar de lado los

métodos de barrera y solo concentrarse en evitar un embarazo (Mandujano Contreras et al., 2018).

En otro estudio realizado en una universidad a estudiantes de enfermería, se encontró que el 78% tiene el conocimiento sobre el uso de la píldora (Alvarado Depaz, 2022). Mientras que, en Pereira, Colombia se habla sobre el uso de los métodos de emergencia luego de consumir alcohol y mantener relaciones sexuales sin protección (Acevedo-Osorio et al., 2019). La disponibilidad del anticonceptivo de emergencia sin receta médica y sin contraindicaciones para su uso es alta, numerosas mujeres universitarias hacen uso frecuente del mismo (Carchi Padilla, 2021).

Debido a lo anteriormente señalado, se establece como objetivo de la investigación determinar el nivel de conocimiento que tienen los universitarios, hombres y mujeres, sobre el uso de la píldora del día siguiente en dos facultades de una universidad pública de Querétaro, México, mediante la aplicación de un cuestionario, con la finalidad de tener un referente actual del fenómeno.

## **Metodología**

La presente investigación se trata de un estudio cuantitativo con enfoque transversal descriptivo. Se realizó en la Universidad Autónoma de Querétaro, de la ciudad y estado de Querétaro, México, en la Facultad de Derecho y Química.

Se consideraron alumnos inscritos a estas facultades, de ambos sexos, que manifestaran tener vida sexual activa y tener relaciones sexuales con el sexo opuesto o ambos. El tipo de muestreo no probabilístico, con una estrategia por conveniencia.

Para la recolección de datos se modificó un cuestionario tomado de la investigación “Anticoncepción oral de emergencia: conocimientos y actitudes en estudiantes de la Facultad de ciencias médicas de la UNASAM, Huaraz-2018” (Espinoza Cacha & Norabuena Obregón, 2018) . El cuestionario se distribuye de la siguiente manera (ver instrumento al final): una introducción, dos preguntas filtro con respuesta dicotómica (si-no) que permiten determinar si el encuestado es candidato o no a participar en la investigación, datos sociodemográficos (4), conocimientos (10); antecedentes de salud (4), conformando un total de 18 preguntas con respuesta de opción múltiple. Este cuestionario se entregó impreso, en dos hojas tamaño carta y de manera presencial en cada facultad. Para determinar el nivel de conocimientos, se estableció que los rangos de puntaje irían de la siguiente manera:

- Muy buen conocimiento: 9-10 respuestas correctas
- Buen conocimiento: 8-7 respuestas correctas
- Regular conocimiento: 5-6 respuestas correctas

- Mal conocimiento: 3-4 respuestas correctas
- Conocimiento muy malo: 0-2 respuestas correctas

Debido a la adaptación que se realizó a la herramienta encontrada, ésta se sometió a validación por un panel de 4 expertos en salud pública, enfermería e investigación, quienes brindaron en dos ocasiones observaciones que fueron atendidas, siendo la tercera revisión la aceptada y validada por estos cuatro evaluadores.

Una vez finalizada la validación, se realizó el pilotaje, aplicado a 25 alumnos de una facultad alterna a la de la prueba final para evitar contaminación de esta misma. Con esta prueba se demostró la efectividad de la herramienta, así como su fácil entendimiento y aceptación para la población estudiada.

Para el acercamiento con los estudiantes, se solicitó permiso de acceso a cada facultad con las autoridades de las estas, quienes dieron su autorización para realizar el acercamiento por grupos. En la Facultad de Derecho, los alumnos tienen aulas asignadas a donde llegan sus docentes a impartir las clases. Para el caso de la Facultad de Química, los alumnos cambian de aula por cada asignatura, por lo que se abordó a estudiantes dentro y fuera de las aulas.

Los datos fueron analizados a través de estadística descriptiva, de primera instancia, mediante el programa EXCEL para Mac ® y posteriormente en el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 25 obteniendo frecuencias, medias y desviación estándar.

A cada grupo de alumnos se le señaló de manera verbal el objetivo del estudio, lo que se requería de ellos y que su participación era voluntaria. Así mismo se resaltó el hecho de que los resultados serían manejados de manera confidencial.

## **Resultados**

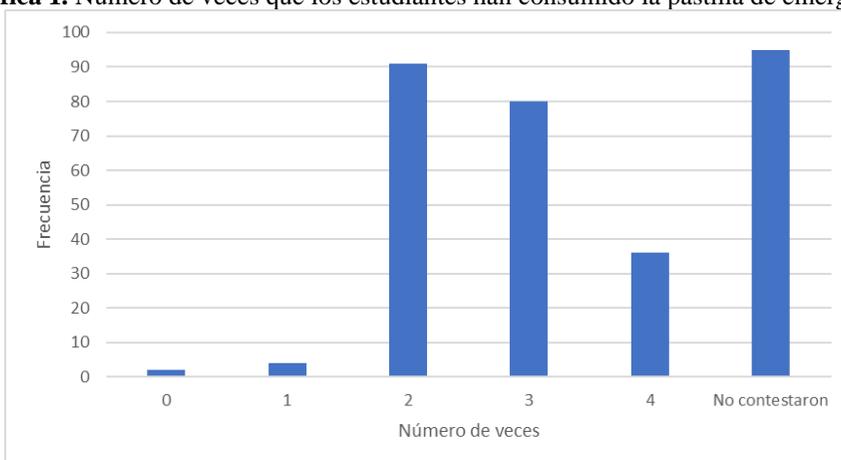
Se obtuvieron los datos de 308 alumnos, siendo 210 de la Facultad de Derecho y 98 de Química. 57.7% fueron del género femenino y el resto masculino. En el estudio participaron estudiantes de 1er a 9no semestre de ambas carreras. El promedio de edad por facultad fue de 20.1 años DE  $\pm$  2.44.

El promedio de edad de inicio de la vida sexual activa fue los 16.97 años DE  $\pm$  1.7. La edad de inicio más baja fue de 12 años y la más alta de 23.

Vinculado al tema del uso de la pastilla de emergencia, 68.5% de los estudiantes indicó que la ha usado con alguno de los compañeros sexuales que ha tenido. La gráfica 1 muestra las veces que se ha consumido o usado este medicamento desde el inicio de la vida sexual. Así mismo, en la tabla 1 se pueden apreciar los porcentajes de respuestas incorrectas del cuestionario, por

género, y la gráfica 2 muestra el nivel de conocimiento de los participantes, con respecto al tema.

**Gráfica 1.** Número de veces que los estudiantes han consumido la pastilla de emergencia



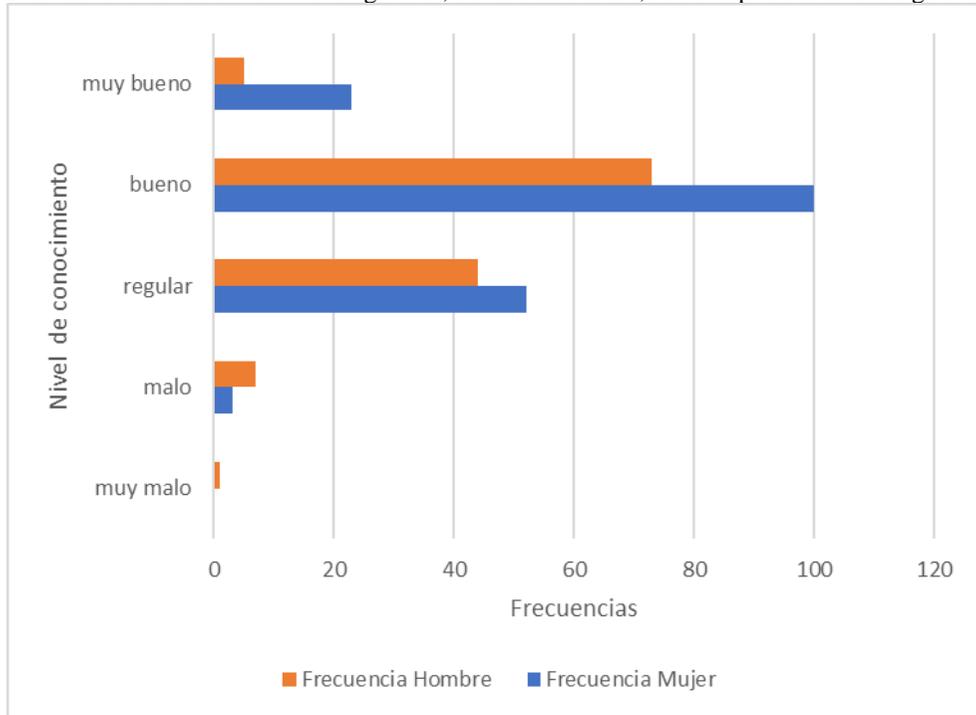
Fuente: estudiantes encuestados, 2023

**Tabla 1.** Porcentaje de respuestas incorrectas del cuestionario, por género

Pregunta	Femenino	Masculino
1. Qué es la pastilla del día siguiente	8.4	18.5
2. Situación 1. Uso apropiado de la pastilla	5.6	13.1
3. Situación 2. Uso apropiado de la pastilla	1.7	1.5
4. Efecto secundario (lista 1) más común del consumo del medicamento	9.6	27.7
5. Efecto secundario (lista 2) más común del consumo del medicamento	60.7	73.1
6. Edad recomendable para el uso de la pastilla del día siguiente	52.2	48.5
7. Número de píldoras que se pueden consumir en un mes	80.9	86.2
8. Pastilla del día siguiente como única opción para evitar un embarazo	22.5	16.2
9. Característica de la pastilla	5.1	7.7
10. Momento en que se debe consumir la pastilla después de la relación sexual	51.1	34.6

Fuente: estudiantes encuestados, 2023

**Gráfica 2.** Nivel de conocimiento general, de los estudiantes, sobre la píldora del día siguiente



Fuente: estudiantes encuestados, 2023

## Discusión

La búsqueda de estudios originales sobre el tema de nivel de conocimientos sobre la píldora del día siguiente, en los últimos 5 años, arroja resultados muy pobres. Abundan las tesis de pregrado de diversas instituciones educativas del mundo, lo que complica el poder contrastar los resultados de esta investigación con los de otros autores.

A diferencia de los hallazgos de esta investigación, que varían en los datos y que además consideró participantes de ambos géneros, en un estudio realizado en 164 féminas, estudiantes universitarias, de Villahermosa, Tabasco, se encontró que el 100% era sexualmente activa, iniciando con esta fase de manera más tardía, entre los 17 y 20 años. Se les cuestionó si conocían lo que era la píldora de emergencia, donde el 89% señaló que sí. Así mismo, las participantes afirmaron que han consumido más de 2 veces al año este tipo de medicamentos, en un 55% (Mandujano Contreras et al., 2018).

Un abordaje realizado en 22 jóvenes de 15 a 19 años de edad, 11 y 11 de cada género, en un municipio de Colombia, reportó que el 40.91% de los participantes reconocía el tiempo adecuado para consumir la píldora de emergencia (Mejía Ituyán et al., 2019), lo que contrasta con los porcentajes hallados en este estudio, que fueron más altos en desconocimiento para los participantes del género femenino que para los del masculino.

Otra investigación realizada en Colombia, con 127 estudiantes universitarios, donde el 73.2% era género femenino, encontró que más de la mitad de los participantes había utilizado la pastilla en el último año (Acevedo-Osorio et al., 2019), esto en contraste con el 68.5% de lo reportado en el presente sondeo, sin embargo, vale el esfuerzo de aclarar que aquí no se cuestionó sobre el uso en el último año, sino desde el inicio de la vida sexual activa.

Así mismo, ese mismo estudio señaló que el 45% de los participantes desconoce la forma de utilización de la pastilla (Acevedo-Osorio et al., 2019). En la presente investigación, el nivel de conocimiento general sobre el tema, que incluye el uso del medicamento, fue de regular a malo en el 40% de los participantes del género masculino y de 30.9% en el género femenino.

### **Conclusión**

Los resultados de este estudio muestran que un porcentaje alto de la población estudiada saben de la existencia de la píldora del día siguiente como método anticonceptivo y que son usuarios de ellas. En cuanto al nivel de conocimiento, se observó que la población se sitúa predominantemente en un nivel regular a bueno, con áreas importantes de oportunidad en cuanto a la mejora del conocimiento, particularmente con relación a los efectos secundarios y frecuencia de su uso de manera segura. Es importante resaltar que la población estudiada pertenece a un nivel educativo alto, por lo que estudios con una mayor representación de la población, que incluya otros niveles educativos es necesario. De igual manera será de relevancia contrastar los resultados de nivel de conocimiento con indicadores de frecuencia de embarazos no planeados.

El hecho de apreciar que la pastilla del día siguiente la consumen los jóvenes de manera frecuente e indiscriminada es alarmante, ya que en nuestro país se distribuye y comercializa sin receta médica o sin ninguna asesoría.

Resulta importante la difusión de la información y educación en el tema de los diversos métodos anticonceptivos, su uso, consecuencias y riesgos.

Del mismo modo, se esperaría que, al contar con una educación en salud, los usuarios de ambos géneros, conocerán de manera objetiva los daños a la salud que conlleva un uso desmedido de la píldora a corto, mediano y largo plazo.

Las instituciones educativas son un espacio ideal para fortalecer un vínculo de aprendizaje con respecto a temas de salud, por lo que se sugiere se continúe trabajando en diversas investigaciones afines para lograr una sensibilización y conocimiento de estos problemas de salud pública.

**Conflicto de intereses:** Ninguno de los autores de este escrito presentó conflicto de intereses

**Financiamiento:** Los autores del proyecto financiaron el mismo con sus recursos personales

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

**Declaración para participantes humanos:** La investigación fue aprobada por el Subcomité de Investigación y Bioética de la Universidad Autónoma de Querétaro, con número de registro 552/FE –SI-01-05-23 (LE) y fecha del 27 de junio del 2023 quienes determinaron que cumplía con las pautas establecidas en el Código de Nuremberg, Declaración de Helsinki y Ley General de Salud (Secretaría de Salud, 2014) para la realización de la misma.

#### References:

1. Acevedo-Osorio, G. O., Ramírez-García, N., Cardona-Osorio, J. D., & Oliveros-Ruiz, C. (2019). Conocimiento y uso de método anticonceptivo de emergencia en estudiantes universitarios, Pereira, Colombia. *Universidad y Salud*, 21(2), 159–165. <https://doi.org/10.22267/rus.192102.150>
2. Allen, B., & Waterman, H. (2019, May 21). *Etapas de la adolescencia*. Healthy Children. <https://www.healthychildren.org/Spanish/ages-stages/teen/Paginas/Stages-of-Adolescence.aspx>
3. Alvarado Depaz, R. E. (2022). *Conocimientos y actitudes del uso de la píldora anticonceptiva de emergencia en estudiantes de enfermería, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huarás - 2022* [Escuela Académico Profesional de Enfermería, Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”]. [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/5091/T033\\_73511863\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/5091/T033_73511863_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
4. Badillo-Viloria, M., Sánchez, X. M., Vásquez, M. B., & Díaz-Pérez, A. (2020). Comportamientos sexuales riesgosos y factores asociados entre estudiantes universitarios en Barranquilla, Colombia, 2019. *Enfermería Global*, 19(3), 422–449. <https://doi.org/10.6018/global.412161>
5. Calero Yera, E., Rodríguez Roura, S., & Trumbull Jorlen, A. (2017). Abordaje de la sexualidad en la adolescencia. *Humanidades Médicas*, 17(3), 1. [https://humanidadesmedicas.sld.cu/index.php/hm/rt/printerFriendly/1134/html\\_20](https://humanidadesmedicas.sld.cu/index.php/hm/rt/printerFriendly/1134/html_20)

6. Carchi Padilla, M. T. (2021). *Conocimiento y uso de la píldora de emergencia en estudiantes universitarias - Revisión sistemática* [Universidad Católica de Cuenca]. <https://dspace.ucacue.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d8eef049-9cb6-456a-bf50-4a8786bb0500/content>
7. Castillo Nuñez, J. E., Cevallos-Neira, A., Arpi-Becerra, N., López-Alvarado, S., & Jerves-Hermida, E. (2023). Educación sexual en el sistema educativo para prevenir el embarazo adolescente: estado del arte. *Revista Educación Las Américas*, 12(1). <https://doi.org/10.35811/rea.v12i1.182>
8. Cotrina Ruiz, Y., & Torres Soria, W. M. (2018). *Factores que predisponen al uso de la píldora del día siguiente en el distrito de Jesús* [Facultad de Ciencias de la Salud Dr. Wilman Ruiz Vigo]. <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/718/FYB-009-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. Espinoza Cacha, J., & Norabuena Obregón, D. E. (2018). *Conocimiento y actitud sobre anticonceptivo oral de emergencia en estudiantes de la Facultad de Ciencias Sociales, Educación y Comunicación - UNASAM - Huaraz - 2018* [Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo]. [https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2719/T033\\_44199793\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2719/T033_44199793_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
10. GonÇalves Câmara, S., Castellá Sarriera, J., & Carlotto, M. S. (2007). Predictores de Conductas Sexuales de Riesgo entre Adolescentes. *Interamerican Journal of Psychology*, 41(2), 161–166. <https://www.redalyc.org/pdf/284/28441206.pdf>
11. Instituto Mexicano del Seguro Social. (2022). *Anticoncepción de emergencia o anticoncepción hormonal postcoito . Planificación Familiar*. <http://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/planificacion-familiar/anticoncepcion-emergencia>
12. Mandujano Contreras, J. C., Reyes de la Cruz, C., Sarmiento Arena, Z., Murillo Palma, A. L., & Osorio Alejo, D. R. (2018). Conocimiento y uso de la píldora de emergencia en jóvenes universitarias de Tabasco. *Horizonte Sanitario*, 17(3), 227–234. <https://www.scielo.org.mx/pdf/hs/v17n3/2007-7459-hs-17-03-227.pdf>
13. Manosalvas, M., Guerra, K., & Huitrado, C. (2022). Cambios en la prevención del embarazo adolescente en Ecuador. *Revista Mexicana de Sociología*, 84(3), 685–716. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rms/v84n3/2594-0651-rms-84-03-685.pdf>

14. Mejía Ituyán, L. D., Trujillo Martínez, J. D., Hernández Forero, P., Aguilar Rodríguez, L. K., & Cárdenas Romero, J. (2019). Conocimiento y uso de métodos anticonceptivos de gestantes adolescentes y sus parejas. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 35(4), 1–14. <https://revmgi.sld.cu/index.php/mgi/article/view/897/308>
15. Organización Mundial de la Salud. (2021, November 9). *Anticoncepción de urgencia*. Centro de Prensa. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/emergency-contraception>
16. Organización Panamericana de la Salud. (2018, February 28). *América Latina y el Caribe tienen la segunda tasa más alta de embarazo adolescente en el mundo*. Temas. [https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14163:latin-america-and-the-caribbean-have-the-second-highest-adolescent-pregnancy-rates-in-the-world&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14163:latin-america-and-the-caribbean-have-the-second-highest-adolescent-pregnancy-rates-in-the-world&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0)
17. Organización Panamericana de la Salud, & Organización Mundial de la Salud. (2013). *Salud sexual y reproductiva al alcance de adolescentes pobres y en situación de vulnerabilidad*. <https://www.paho.org/derechoalaSSR/wp-content/uploads/2014/12/Salud-sexual-y-reproductiva-al-alcance-de-adolescentes-pobres-y-en-situacion-de-vulnerabilidad.pdf>
18. Palomino Cantalicio, C. (2019). *Nivel de conocimiento sobre el uso de la píldora del día siguiente en los adolescentes en el Colegio Milagro de Fátima 2018* [Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2158/PALOMINO%20CANTALICIO%2c%20Carolina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
19. Peláez Mendoza, J. (2016). El uso de métodos anticonceptivos en la adolescencia. *Rev Cubana Obstet Ginecol*, 42(1), 1. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-600X2016000100011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-600X2016000100011)
20. Sarasa-Renedo, A., Sordo, L., Molist, G., Hoyos, J., Guitart, A. M., & Barrio, G. (2014). Principales daños sanitarios y sociales relacionados con el consumo de alcohol. *Rev Esp Salud Pública*, 88(2), 469–491. [https://scielo.isciii.es/pdf/resp/v88n4/04\\_colaboracion3.pdf](https://scielo.isciii.es/pdf/resp/v88n4/04_colaboracion3.pdf)
21. 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)

## Appendix

### USO DE LA PASTILLA DEL DÍA SIGUIENTE

Introducción. Apreciable compañero universitario, el presente cuestionario forma parte de una investigación de la Licenciatura en Enfermería. La información que nos proporcionas es completamente confidencial (no se solicitará nada que te identifique) y tiene la finalidad de conocer aspectos relacionados con el uso de la pastilla del día siguiente, por lo que te pedimos tus respuestas sinceras. De primera instancia te encontrarás con unas preguntas de filtro que nos ayudarán a indagar sobre el tema en quienes han tenido la experiencia con el uso de este método anticonceptivo de emergencia. La meta final del proyecto es contar con bases para la generación de campañas informativas para estudiantes que no son del área de la salud, por lo que tus respuestas son de gran importancia. De antemano agradecemos tu participación.

FOLIO: \_\_\_\_\_

<b>I. Preguntas filtro</b>
Instrucciones: Por favor, responde sinceramente lo que se pregunta marcando la respuesta que aplique a tu caso.
1. ¿Has tenido relaciones sexuales (aunque sea una sola vez y que implique penetración de pene en vagina)? Sí ( <input type="checkbox"/> ) No ( <input type="checkbox"/> )
2. Responde SÓLO lo que aplique en tu caso:
• Eres mujer, tu pareja sexual es o ha sido siempre, hombre      Sí ( <input type="checkbox"/> ) No ( <input type="checkbox"/> )
• Eres hombre, tu pareja sexual es o ha sido siempre, mujer      Sí ( <input type="checkbox"/> ) No ( <input type="checkbox"/> )
• Eres hombre y tienes parejas sexuales mujeres y hombres      Sí ( <input type="checkbox"/> ) No ( <input type="checkbox"/> )
• Eres mujer y tienes parejas sexuales hombres y mujeres      Sí ( <input type="checkbox"/> ) No ( <input type="checkbox"/> )
<i>Si has respondido NO a alguna de las preguntas anteriores, por favor entrega este cuestionario. Si fueron SÍ, por favor continúa.</i>
<i>Gracias</i>

## II. DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS

*Instrucciones. Marca la opción o contesta según lo que se te pide*

2.1 Facultad: Derecho (  )      Química (  )

2.2 Semestre (anota sólo el número): \_\_\_\_\_

2.3 Edad (años cumplidos): \_\_\_\_\_

2.4 Género: Femenino (  ) Masculino (  )

## II. CONOCIMIENTOS

*Por favor sólo marca UNA opción*

1. La pastilla del día siguiente es:
  - a. Anticonceptivo para uso exclusivo después de una relación coital no protegida
  - b. Método anticonceptivo de uso regular, luego de una relación coital no protegida
  - c. Es una pastilla abortiva
  - d. No sé
  
2. Situación uno ¿en qué ocasión crees que sería apropiado el uso la pastilla del día siguiente?
  - a. En caso de tener relaciones sexuales protegidas
  - b. En caso de violencia sexual (violación)
  - c. En caso de que no haya penetración, pero existan caricias estando ambos desnudos
  - d. No sé
  
3. Situación dos ¿En qué ocasión crees que sería apropiado el uso la pastilla del día siguiente?
  - a. En caso de posible ruptura del condón en el acto sexual
  - b. En caso de tener relaciones sexuales protegidas
  - c. En caso de practicar sexo oral
  - d. No sé
  
4. ¿El efecto secundario (síntomas) más común de la pastilla del día siguiente, es?
  - a. Ceguera parcial
  - b. Sangrado irregular
  - c. Diarrea
  - d. No sé
  
5. ¿El efecto secundario (síntomas) más común de la pastilla del día siguiente, es?
  - a. Dolor de cabeza constante
  - b. Dolor abdominal
  - c. Náuseas
  - d. No sé
  
6. ¿A partir de qué edad se recomienda el uso de la pastilla del día después (en condiciones de sexo en donde ambos dan su consentimiento)?
  - a. No importa la edad
  - b. A partir de los 12 años
  - c. A partir de los 18 años
  - d. No sé
  
7. ¿Cuántas píldoras del día siguiente se pueden consumir en un mes?
  - a. Una
  - b. Máximo 2
  - c. Máximo 4
  - d. No sé
  
8. ¿El uso de la pastilla del día siguiente es la única opción para evitar un embarazo no planeado?
  - a. Si
  - b. No
  - c. Cada caso es distinto
  - d. No sé

9. Señala lo que identifica a la pastilla del día siguiente

- a. Método anticonceptivo de emergencia (de uso esporádico)
- b. Método anticonceptivo de uso común
- c. Método abortivo
- d. No sé

10. Después de la relación sexual ¿En qué momento se recomienda utilizar la pastilla del día siguiente para garantizar su máxima efectividad?

- a. No importa el tiempo
- b. Dentro de las próximas 24 horas
- c. Entre las 24 y 72 horas
- d. No sé

#### IV. ANTECEDENTES DE SALUD

*Contesta de manera sincera lo que se te pide*

4.1 ¿A qué edad empezaste a tener relaciones sexuales? \_\_\_\_\_ años

4.2 ¿Con alguno de tus compañeros sexuales has utilizado la pastilla del día siguiente?  
Sí ( ) No ( ) (si tu respuesta fue no, por favor entrega este cuestionario)

4.3 Desde que empezaste a tener relaciones sexuales ¿cuántas veces tú o tu pareja sexual han utilizado la pastilla del día siguiente?

Ni una vez ( ) 1 vez ( ) 2-3 veces ( ) más de 4 veces ( )

4.4 ¿Cuántas veces has utilizado la pastilla del día siguiente con una misma pareja sexual?

1 vez ( ) 2-3 veces ( ) más de 4 veces ( )

4.5 En tu caso, ¿quién ha comprado la pastilla del día siguiente?

Yo mismo(a) ( ) Mi pareja ( ) Ambos ( ) Ha variado en cada caso ( )

## **Analyses spatiales de population de *Furcifer labordi* (Grandidier, 1872) dans la Réserve Spéciale d'Andranomena, Morondava-Madagascar**

***Nirindrainiarivony Philibertin Honoré Djadagna Ahy***

Institut d'Enseignement Supérieur de Menabe, Madagascar

***Achille Philippe Raselimanana***

Mention Zoologie et Biodiversité Animale, Faculté des Sciences,

Université d'Antananarivo, Madagascar

Association Vahatra, Madagascar

***Lily-Arison René De Roland***

Département de Biologie, Faculté des Sciences,

Université de Toliara, Madagascar

Peregrine Fund Madagascar, Madagascar

***Willy Nathoo Veriza***

Institut d'Enseignement Supérieur de Menabe, Madagascar

***Daudet Andriafidison***

Institut d'Enseignement Supérieur de Menabe, Madagascar

Madagasikara Voakajy, Madagascar

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p48](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p48)

Submitted: 08 February 2024

Accepted: 04 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Honoré Djadagna Ahy N.P., Raselimanana A.P., René De Roland L.A., Veriza W.N. & Andriafidison D. (2024). *Analyses spatiales de population de *Furcifer labordi* (Grandidier, 1872) dans la Réserve Spéciale d'Andranomena, Morondava-Madagascar*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 48. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p48>

### **Résumé**

*Furcifer labordi* est une espèce de caméléons uniquement connue dans quelques localités de la partie occidentale de Madagascar. Son aire de distribution est restreinte entre les fleuves Tsiribihina et Fiherenana. Des investigations ont été menées dans les habitats proche et loin de cours d'eau, à la lisière et l'intérieur de la forêt et dans la forêt relativement intacte et celle en régénération. La méthode Distance sampling a été utilisée pour échantillonner les caméléons. Les prédateurs ont été recensés suivant les lignes de transect. Des fèces des caméléons ont été collectés et analysés au

laboratoire. Les données ont été arrangées sur Excel et traitées sur le logiciel R. Nos résultats ont révélé que cette espèce distribue uniformément dans les différents types d'habitats. Autrement dit, sa distribution horizontale n'est pas influencée ni par la dégradation de l'habitat, ni par le cours d'eau. La couverture de la canopée et la répartition des plantes selon la hauteur de l'extérieur vers l'intérieur de la forêt sont des paramètres qui influencent cette distribution horizontale. Les oiseaux (six espèces) et les serpents (quatre espèces) prédateurs ne provoquent pas de perturbation sur *F. labordi* et n'influencent pas sa distribution horizontale. Cette dernière n'est pas aussi influencée par l'abondance en insectes disponibles. La hauteur du perchoir utilisé varie beaucoup, elle n'est pas cependant liée, ni à la classe d'âge ni au sexe. *F. labordi* ne présente en général aucune préférence particulière quant au choix de plante utilisée comme perchoir. Il en est de même pour la hauteur et les DBH de plantes perchoirs. L'espèce emploie similairement les parties des plantes disponibles et ne présente pas de préférence particulière. Toutes les classes d'âges ont été observées et ne présentent pas de préférence particulière en terme de types d'habitats. Nos résultats suggèrent que la répartition restreinte de cette espèce pourrait être dû à la disparition de son habitat.

---

**Mots-clés:** *Furcifer labordi*, caméléon, analyses spatiales, Andranomena, Madagascar

---

## **Population spatial analysis of *Furcifer labordi* (Grandidier, 1872) in Andranomena Special Reserve, Morondava-Madagascar**

***Nirindrainiarivony Philibertin Honoré Djadagna Ahy***

Institut d'Enseignement Supérieur de Menabe, Madagascar

***Achille Philippe Raselimanana***

Mention Zoologie et Biodiversité Animale, Faculté des Sciences,

Université d'Antananarivo, Madagascar

Association Vahatra, Madagascar

***Lily-Arison René De Roland***

Département de Biologie, Faculté des Sciences,

Université de Toliara, Madagascar

Peregrine Fund Madagascar, Madagascar

***Willy Nathoo Veriza***

Institut d'Enseignement Supérieur de Menabe, Madagascar

***Daudet Andriafidison***

Institut d'Enseignement Supérieur de Menabe, Madagascar

Madagasikara Voakajy, Madagascar

---

### **Abstract**

*Furcifer labordi* is a species of chameleon only known from a few localities in the western part of Madagascar. Its distribution area is restricted between the Tsiribihina and Fiherenana rivers. Investigations were carried out in habitats near and far from watercourses, at the edge and interior of the forest, and in relatively intact and regenerating forests. The Distance sampling method was used to sample chameleons. Predators were recorded along the transect lines. Chameleon feces were collected and analyzed in the laboratory. The data were arranged in Excel and processed on R software. Our results revealed that this species distributes uniformly in different types of habitats. In other words, its horizontal distribution is not influenced either by habitat degradation or by the watercourse. The canopy cover and the distribution of plants according to height from the outside to the inside of the forest are parameters that influence this horizontal distribution. Predatory birds (six species) and snakes (four species) do not cause disturbance to *F. labordi* and do not influence its horizontal distribution. The latter is not as influenced by the abundance of available insects. The height of the perch used varies greatly, but it is not linked to age class, or sex. *F. labordi* generally shows no particular preference regarding the choice of the plant used as a perch. The same goes for the height and DBH of perching plants. The species uses available plant

parts similarly and does not show any particular preference. All age classes were observed and do not show any particular preference in terms of habitat types. Our results suggest that the restricted distribution of this species could be due to the disappearance of its habitat.

---

**Keywords:** *Furcifer labordi*, chameleon, spatial analysis, Andranomena, Madagascar

## Introduction

Les caméléons de Madagascar, à part quelques espèces, sont confinés dans des écosystèmes forestiers et ils ont une mœurs arboricole. En effet, la structure et la distribution de leur population est en relation directe avec le type et la nature de la formation végétale. Etant spécialiste en termes d'habitat en général, et très sensibles au changement de leur milieu naturel, ils sont considérés aussi comme de bon bio-indicateur (Rabearivony & Raselimanana, 2022). Des recherches antérieures ont révélé que l'abondance des caméléons varie selon le type de végétation, le niveau de perturbation et la structure de la forêt (Jenkins *et al.* 2003). La composition spécifique change par exemple suivant le type de forêt (Akani *et al.* 2001). En outre, les caméléons sont généralement associés à des forêts intactes (Raxworthy, 1991 ; Raxworthy & Nussbaum, 1995 ; Jenkins *et al.*, 2003). Néanmoins, certaines espèces peuvent tolérer les habitats dégradés (Glaw *et al.*, 1999). Les caméléons du genre *Furcifer* se trouvent principalement dans les zones sèches de l'ouest et du sud de Madagascar. Sur le haut plateau central, ils sont limités aux habitats ouverts, alors que dans la partie occidentale, ils se trouvent à l'intérieur de la forêt relativement fermée (Jesu *et al.*, 1999 ; Andreone *et al.*, 2005).

La plupart des informations sur les distributions verticales des caméléons dans les forêts concernent la répartition des hauteurs ou site de repos où ils perchent la nuit. Ces sites de repos varient en fonction de la taille de l'animal pour supporter son poids et de la proximité avec d'autres caméléons (Randrianantoandro *et al.*, 2007a ; Measey *et al.*, 2013). Des observations anecdotiques suggèrent que les caméléons changent de site de repos et de position sur leur perchoir en fonction des conditions météorologiques. En effet, la pluie, les vents violents et les températures froides entraînent de changement des sites de repos comme des branches internes ou des zones couvertes de feuilles afin de s'abriter (Raselimanana & Rakotomalala, 2003 ; Raholdina, 2012). Certains auteurs suggèrent que les sites de repos sont une ressource limitée et en tant que tels, ils sont vigoureusement défendus (Burrage, 1973). De manière concordante, les caméléons se perchent seuls, bien que pendant la saison de reproduction, les mâles et les femelles se perchent à proximité parfois sur un même support (Wild, 1994). La position de caméléon sur leur perchoir varie beaucoup, elle

peut être verticale, horizontale ou inclinée. La tête peut être orientée vers le haut ou vers le bas et la queue peut être maintenue en position enroulée ou déroulée. La garde du partenaire durant la période de reproduction, en utilisant des gîtes à proximité, semble être relativement courante chez les caméléons (Toxopeus *et al.*, 1988 ; Cuadrado, 2001).

De nombreuses espèces de caméléons malgaches présentent une aire de distribution restreinte et certaines sont même endémiques locales ou connues seulement dans quelques localités dans une région. Parmi ces espèces à aire de distribution restreinte, *Furcifer labordi* n'est connue que dans la partie Ouest et Sud-ouest de Madagascar. Une distribution qui s'étend vers le Nord jusqu'à Soalala a été mentionnée (Brygoo, 1978 ; Glaw & Vences, 2007), mais en réalité, les spécimens du Nord-ouest de l'île représentent une espèce à part entière, *F. voeltzkowi*, longuement considérée comme synonyme de *F. labordi* à cause de leur ressemblance morphologique et qui vient d'être ressuscitée (Glaw *et al.*, 2020). Son aire de distribution qui était jadis plus étendue et continue est actuellement fragmentée et perturbée. Elle n'est connue que dans quelques blocs forestiers, dans la forêt de Mikea (Karsten *et al.*, 2008 ; Raselimanana, 2004), dans les forêts de Menabe (Raselimanana & Rakotomalala, 2003) et dans le parc national de Kirindy Mite (Raselimanana, 2008). Elle fréquente la forêt dense caducifoliée de basse altitude, entre 20 et 100 m au-dessus du niveau de la mer (Glaw & Vences, 2007 ; Raselimanana, 2008). La particularité de *F. labordi* est son cycle biologique le plus court connu chez les vertébrés. Il ne dure qu'une année (Karsten *et al.*, 2008, Eckhardt *et al.*, 2017). Selon les études menées par Karsten *et al.* (2008) dans la forêt de Ranobe, les œufs pondus et déposés dans un nid creusé dans le sol. Ils y restent en diapause sous forme d'embryon pendant huit (08) à neuf (09) mois jusqu'au début de la saison de pluie au mois de novembre où ils sont éclos. Les nouveaux éclos vont subir une croissance rapide, ils arrivent à maturité en quelques mois seulement et sont capables de s'accoupler dès le mois de janvier. Ils subissent peu de temps après, une sénescence et vont mourir en avril. C'est une durée moyenne de vie de quatre (04) à cinq (05) mois. A Kirindy, au cours d'une saison des pluies en 2013 et 2014, la durée moyenne de vie était de six (06) à neuf (09) mois (Eckhardt *et al.*, 2017). Toutefois, des individus adultes mâles et femelles capturés au mois de février et maintenus en captivité ont pu survivre jusqu'au mois de septembre avec une période d'inactivité entre mai et début septembre (Raselimanana obs. pers.). En effet, des études et des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de mieux comprendre les facteurs de sa répartition restreinte, sa vulnérabilité face au changement du milieu naturel et l'origine et causes de son cycle de vie court. En raison de sa répartition restreinte, de sa vulnérabilité à la disparition de son habitat, de sa faible densité de population, Karten *et al.*, 2009, ont recommandé une priorité en matière de conservation pour cette espèce. Cette

recherche consiste à analyser la variation dans l'espace et dans le temps de l'espèce dans la Réserve Spéciale d'Andranomena.

## Méthodes

### Sites d'étude

La présente étude a été menée dans la Réserve Spéciale d'Andranomena, Commune rurale de Bemanonga, District de Morondava, Région Menabe. Elle est située à 30 km au Nord de la ville de Morondava. Les données ont été collectées dans six sites d'échantillonnage, à savoir la forêt relativement intacte, la forêt en régénération, la lisière de la forêt, l'intérieur de la forêt, la forêt riveraine de cours d'eau et la forêt loin de cours d'eau. Ils ont une altitude variant entre 0 à 250 m (tableau 1 ; figure 1). C'est une forêt dense sèche caducifoliée reposant sur de sol alluvionnaire, du sable du Quaternaire et d'une cuirasse sableuse. Elle couvre une superficie de 8 298 ha lors de sa création en 1958 selon le Décret n° 58-13 du 28 octobre 1958. Elle est actuellement gérée par Madagascar National Parks.

Elle fait actuellement partie du paysage harmonieux protégé de Menabe Antimena créé en 2015. Toutefois, elle conserve ses propres statuts juridique et foncier ainsi que toutes les réglementations y afférant ; sa surface actuelle est de 6420 ha selon le décret en vigueur (Goodman *et al.*, 2020).

**Tableau 1** : Cordonnées géographiques des sites d'études

Sites	Latitude, S	Longitude, E
Forêt relativement intacte	20°10'29.6''	44°25'52.6''
Forêt en régénération	20°10'47.5''	44°25'47.5''
Lisière de la forêt	20° 10' 13,3''	44° 25' 55,5''
Intérieur de la forêt	20° 10' 13''	44° 26' 14''
Forêt riverain de cours d'eau	20° 10' 34,4''	44° 26' 2,9''
Forêt loin de cours d'eau	20° 10' 27,7''	44° 26' 6,1''



**Figure 1** : Localisation des sites d'étude

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

La méthode d'échantillonnage à distance ou « Distance Sampling » (Buckland *et al.*, 1993) a été utilisée pour recenser les caméléons. C'est la technique la plus fiable et rapide pour étudier la répartition spatiale et l'estimation de la densité des caméléons (Brady *et al.*, 1996 ; Brady & Griffiths, 1999 ; Jenkins *et al.*, 1999). La technique fait appel à l'utilisation des lignes de transect pour le recensement. Ce dernier a été effectué suivant des transects installés dans l'habitat proche et loin de cours d'eau, à la lisière et à l'intérieur de la forêt et dans la forêt relativement intacte et celle en régénération.

Des transects composés de trois lignes parallèles de 50 m de longueur ont été mis en place tous les 150 m le long d'une piste principale établie dans la forêt. Chaque ligne est distante de 20 m de la ligne adjacente afin d'éviter un double comptage d'un même individu lors du recensement. Les transects sont mis en place 24 heures avant la prospection afin d'atténuer la perturbation lors de l'installation. Les lignes débutent de 2 à 5 m de la piste principale pour éviter toutes perturbations qui pourraient être engendrées par le va et vient dans cette piste.

Le recensement des caméléons est effectué pendant la nuit, à partir de 19 heures lorsque ceux-ci dorment sur leur perchoir. En effet, cet animal diurne est difficile à observer le jour à cause de son excellente capacité de se camoufler et de se dissimuler dans son habitat. Pendant la nuit, il perche, reste immobile et sa couleur devient plus vive et est devenu facile à repérer. Les observations nocturnes sont faites de part et d'autres de la ligne à l'aide d'une lampe torche frontale. Lorsqu'un animal est repéré, la distance perpendiculaire entre l'endroit où l'animal perche et la ligne de transect ainsi que la hauteur du perchoir sont mesurées. Les paramètres suivants sont également notés : le sexe, la classe d'âge de l'individu, la hauteur de l'arbre, la nature de perchoir (tige, feuille, rameau, branche et tronc d'arbre) et le type de plante perchoir (arbre, arbuste, plante herbacée et liane).

### ***Etude de l'habitat***

L'étude de l'habitat a été faite le lendemain de l'observation. Pour évaluer la structure de la végétation dans le site d'étude, un quadrat de 5 m × 5 m a été établi sur chacune des trois lignes de transect de 50 m, respectivement à une distance de 5, 20 et 35 m de l'origine (Jenkins *et al.*, 2003 ; Rabearivony *et al.*, 2007).

Dans chaque quadrat, nous avons relevé le taux de couverture de la canopée en pourcentage (%), l'épaisseur de la litière en centimètre (Cm), la couverture du sol par la litière (%), la couverture du tapis herbacé (%), le nombre d'arbustes de hauteur inférieure ou égale à 1 m, le nombre d'arbres de

hauteur supérieure à 1 m et le nombre de souches d'arbres coupés et le nombre d'arbres brûlés).

### ***Couverture de la canopée***

Dans chaque quadrat, le taux de recouvrement de la canopée est déterminé suivant l'intensité lumineuse qui y pénètre, c'est-à-dire estimer visuellement en pourcentage la partie non ensoleillée par rapport au surface totale du quadrat (Randrianatoandro, 2007 ; Randrianatoandro *et al.*, 2010 ; Benjanahary, 2011).

### ***Estimation du pourcentage de couverture de la litière et de son épaisseur***

Les femelles des caméléons pondent dans le sol. Un sol couvert par d'épaisse litière pourrait être alors inconvenable pour la nidification. Ainsi, la distribution (taux de couverture) de la litière et de son épaisseur joueraient un rôle dans la répartition spatiale du moins durant la période de ponte. L'épaisseur de la litière a été mesurée à l'aide d'une tige graduée en cm en tenant verticalement celle-ci à partir du sol. Dans chaque quadrat, la couverture de la litière est obtenue en estimant le pourcentage du sol couvert par rapport à la surface totale du quadrat.

### ***Evaluation d'indice de liane***

Les lianes sont fréquemment utilisées par *Furcifer labordi* comme support pour passer d'un arbre à l'autre ou comme site de repos en tant que perchoir. Ainsi, leur disponibilité et leur répartition jouent un rôle important dans la distribution spatiale de cette espèce. L'indice de liane a été donné selon leur abondance dans chaque quadrat (Randrianatoandro, 2007, 2010 et Raselimanana, 2018).

### ***Distribution des plantes suivant la hauteur et le diamètre à la hauteur de poitrine (DBH)***

Dans chaque quadrat, les hauteurs des arbres ont été estimées et les DBH de ceux qui ont un diamètre inférieur à 15 cm ont été relevés à l'aide d'un pied à coulisse. Les circonférences des arbres qui ont eu un diamètre supérieur à 15 cm ont été mesurées à l'aide de mètre ruban afin de calculer leur Dbh. Ainsi, le diamètre est calculé suivant la formule :  $\text{Diamètre} = \text{Circonférence} / \pi$  (3,14). Les arbres ont été classés par intervalle de hauteur : [0 – 2] m, ]2 – 4] m, ]4 – 8] m, > 8 m et par intervalle de DBH : [0 – 2,5] cm, ]2,5 – 5] cm, ]5 – 10] cm, ]10 – 20] cm, ]20 – 30] cm, > 30 cm.

### ***Capture-marquage et recapture***

Afin d'éviter un double comptage des individus observés, chaque animal capturé a été marqué à l'aide de vernis à ongle avant d'être relâché.

C'est un produit facile à trouver qui marche bien pour le marquage et ne provoque aucun risque ou perturbation pour l'animal (Eckhardt *et al.* 2017). La marque est individuelle en mettant une petite tache de vernis sur les membres ou le corps (Raselimanana, 2018). Le marquage est codé et est individuel : au niveau de l'avant-bras, du bras, du tibia, du fémur, de la tête et de la région lombaire (Figure 2). Par ailleurs, des vernis de différentes couleurs (bleu, rouge, noir, violet et orange) ont été utilisés en fonction de l'abondance des individus observés. A titre d'illustration, un individu numéro 1 porte une tache bleue sur l'avant-bras gauche (code=BABG). Le recensement a été répété cinq jours après pour identifier et dénombrer la recapture et les nouveaux enregistrements. L'ensemble des individus marqués lors de la première nuit d'observation plus ceux recensés et non marqués au cours des prochains comptages donne le nombre total de relevés.



Figure 2 : Methode de numerotation des individus capturés avec un vernis

### **Régimes alimentaires**

Les caméléons sont en général insectivores. Afin d'avoir une idée sur le régime alimentaire de *F. labordi* et de la disponibilité des proies potentielles pour l'espèce, un inventaire des insectes a été effectué le long des lignes de transects. Le piège lumineux a été utilisé pour capturer les insectes pendant la nuit et le filet fauchoir durant le jour afin de pouvoir recenser les ordres des insectes collectés et de compter le nombre d'individus par ordre (Nageleisen & Bouget, 2009). L'identification est effectuée à l'aide de la clé d'identification des insectes (Delvare & Aberlenc, 1989).

L'analyse de fèces de *Furcifer labordi* permet de déterminer son régime alimentaire. Des fèces des individus capturés ont été collectés le lendemain de l'observation nocturne, durant la morphométrie. Les fèces de chaque individu ont été conservées dans un ependorf contenant de l'alcool. Chaque ependorf a été étiqueté sur lequel quelques renseignements ont été enregistrés, à savoir le nom scientifique, l'âge, le sexe et le code de marquage

du caméléon, le numéro de pochon et la date de la collection. Dans le laboratoire, les pelotes de fèces ont été étalées sur une lame à l'aide de deux aiguilles fines de dissection après un ajout de quelques gouttes de glycérine sous un microscope. Après l'étalage, on rajoute un peu plus de glycérine pour que chaque fragment soit bien visible (Shiel *et al.*, 1997). Tous les fragments identifiants possibles ont été montés dans la glycérine entre la lame et la lamelle et observés au microscope pour déterminer l'ordre ou la famille. Ces fragments sont ceux qui sont articulés tels que les pattes, les antennes, les ailes avec des nervations et les élytres.

Les ordres ou les familles ont été déterminés selon les documents sur la clé d'identification des insectes et des guides sur l'identification des fragments d'arthropodes (Delvare & Aberlenc, 1989) ; Scholtz & Holm, 1986, 2007 et Shiel *et al.*, 1997). Après l'identification, quelques renseignements ont été notés, à savoir le nombre de fragments par famille et par ordre d'insectes, le pourcentage du volume des fragments de chaque ordre par rapport à la totalité des fragments identifiants et le nombre minimal d'individus d'une famille ou d'un ordre d'insectes. Chaque fragment complet identifiable (d'un ordre ou d'une famille) est mesuré afin d'avoir une idée sur la taille des insectes consommés. L'estimation visuelle des proportions de fragments appartenant à chaque groupe de proie par rapport au volume total de fèces d'un individu est faite. Elle est exprimée en pourcentage.

### ***Recensement des prédateurs***

Les caméléons constituent des proies pour différentes espèces de vertébrés (Hawkins & Racey, 2008 ; Jenkins *et al.*, 2009 ; Rosa *et al.*, 2010).

Les oiseaux connus comme prédateurs des caméléons ont été recensés et dénombrés tous les 200 m le long de transect d'une longueur de 1400 m. Ainsi, les individus vus ou entendus sont pris en compte (Blondel *et al.*, 1970 ; Raheirilalao, 2001). La méthode consiste à faire un recensement pendant huit minutes à des points fixes. L'observation selon le transect se fait très tôt le matin parce qu'en ce moment les oiseaux sont très actifs et faciles à détecter. Ainsi nous avons choisi de faire le comptage par transect à six (06) heures chaque matin. Avant chaque comptage, il faut attendre deux minutes pour réduire l'effet du dérangement causé par l'observateur (Lagrande, 1990 ; Andrianarivony, 2005 ; Djadagna Ahy *et al.*, 2023).

Quelques espèces de serpents font partie des prédateurs des caméléons (Jenkins *et al.*, 2009, Rosa *et al.*, 2016 ; Crottini *et al.*, 2010 ; Lobon-Rovira *et al.*, 2020). Les espèces des serpents connus comme prédateurs des caméléons sont notées lors des observations nocturnes et durant les recherches diurnes effectuées le long des transects. Il s'agit entre autres de *Madagascarophis colubrinus*.

### ***Distribution horizontale de la population***

La répartition de l'espèce sur le plan horizontal en fonction de la distance de la lisière, de type d'habitat et de distance de la rivière peut être déterminée par l'analyse comparative de l'indice d'abondance de la population de chaque zone d'étude. Les données collectées lors de l'observation nocturne sur chaque transect ont été utilisées pour cette partie. Cette analyse permet de comprendre l'exigence écologique de l'espèce en termes d'habitat et de microhabitat. Ceci permet aussi de connaître la réalité sur la répartition restreinte de l'espèce si elle aurait une préférence écologique particulière ou causé par la disparition de l'habitat.

### ***Distribution verticale***

La répartition verticale de *Furcifer labordi* concerne la stratification de leur perchoir par rapport au niveau du sol. En plus de la hauteur du perchoir, ses caractéristiques sont aussi notées comme les types (branche, rameau, pétiole, tige, tronc), l'état du perchoir (mort ou vivant) et le diamètre de perchoir, ainsi que la hauteur et le diamètre à la hauteur de poitrine de plante perchée. L'orientation du corps de l'animal (horizontale, verticale, oblique) a été aussi notée. Ces relevés ont été faits lors de l'observation nocturne.

### ***Structure de la population***

Trois classes d'âges ont été définies en fonction de leur stade de développement, à savoir les nouveau-éclos, les juvéniles et les adultes. Les individus nouveau-éclos sont reconnus par leur petite taille et leur couleur grise. Les juvéniles se reconnaissent par leur taille plus grande que celle des nouveau-nés et par leur couleur verte. Enfin, les adultes présentent des caractères sexuels secondaires bien développés (Glaw & Vences, 2007). Ils sont aussi de grande taille par rapport aux autres classes d'âges. Les mâles et les femelles présentent de dimorphisme sexuel. Les mâles ont de plus grande taille que les femelles. Ces dernières ne possèdent pas d'épines dorsales et ont de casque moins haut que celui des mâles. Elles ont des points rouges à la base de leurs bras (Glaw & Vences, 2007).

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

Les données collectées sur terrain ont été arrangées sur Excel et traitées sur le logiciel statistique R Studio 4.1.3.

Le test de Wilcoxon a été effectué afin de comparer l'indice d'abondance par 100 m entre les types d'habitats et selon les sexes et les abondances des insectes entre les habitats. Les hauteurs de perchoirs, les hauteurs de plantes perchées selon les types d'habitats, l'utilisation des plantes perchées suivant les classes de hauteur entre les types d'habitats et les diamètres de perchoir selon les sexes ont été aussi confrontés avec ce test.

Le test de Kruskal-Wallis a été utilisé pour comparer les abondances en pieds d'arbres suivant les classes de hauteur et celles de DBH entre les types d'habitat. Cette comparaison a été effectuée sur les hauteurs de perchoir de l'espèce suivant les types d'habitat et selon les classes d'âges et sur les hauteurs et les DBH des plantes employées comme perchoir entre les types d'habitats. Les fréquences d'utilisation de plante perchoir selon les classes de DBH entre les types d'habitats, ceux d'utilisation de types de plantes perchoirs et ceux d'utilisation des différentes parties de la plante choisie comme perchoir, ainsi que les moyennes de diamètres de perchoir entre les types d'habitats ont été aussi comparées.

Le test Anova a été réalisé pour voir s'il y a des différences entre les caractéristiques de l'habitat suivant l'effet de cours d'eau, les abondances des arbres suivant les classes de DBH entre les habitats et les hauteurs de plantes perchées selon les types d'habitats.

Les coefficients de corrélation ont été calculés sur Excel pour déterminer les relations entre deux variables.

- L'équation du coefficient de corrélation est la suivante :

$$\text{Correl}(X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

$\bar{x}$  and  $\bar{y}$  Où so sont les moyennes des variables

L'indice d'abondance est représenté par le nombre d'individus observés par 100 m de transect (Brady *et al.*, 1996, Brady et Griffiths 1999). Cet indice a été calculé pour comparer l'abondance de l'espèce entre les types d'habitats. Il permet aussi de contrôler le changement spatial au sein d'une seule population. Il est calculé à partir de la formule :

$$\text{Indice d'abondance} = \frac{\text{Individus observés}}{\text{Distance parcourue}} \times 100$$

## Résultats

### *Distribution horizontale*

#### *Indice d'abondance par 100 m*

L'abondance par 100 m (moyenne  $\pm$  ES) de *F. labordi* est supérieure à l'intérieur de la forêt (1,60  $\pm$  0,89) qu'à la lisière (1,25  $\pm$  0,83). Cette différence n'est pas cependant significative (Test de Wilcoxon :  $W=24,5$  ;  $n=13$  et  $p=0,51$ ). De même, l'abondance est importante dans la forêt loin de cours d'eau que dans la zone riveraine. Cette différence n'est pas soutenue par le résultat de Test de Wilcoxon ( $W=31$  ;  $n=15$  et  $p=0,76$ ) (tableau 2).

**Tableau 2** : Indice d'abondance par 100m (Moyenne  $\pm$  SE) selon les types d'habitats.

Habitats	Résultats de Test de Wilcoxon.			
	Moyenne $\pm$ SE	N	W	P
<i>Lisière</i>	1,25 $\pm$ 0,83	8	24,5	0,51
<i>Intérieur</i>	1,60 $\pm$ 0,89	5		
<i>Proche de cours d'eau</i>	1,33 $\pm$ 0,54	7	31	0,76
<i>Loin de cours d'eau</i>	1,58 $\pm$ 0,93	8		

### ***Influence des variables caractéristiques de l'habitat sur l'abondance de *F. labordi****

La corrélation entre les variables caractéristiques de l'habitat et l'abondance de *F. labordi* a été analysée. Il existe une corrélation positive moyenne entre la couverture de la canopée et l'abondance de l'espèce ( $r=0,57$ ). Cette dernière est abondante dans les habitats à couverture végétale importante. Par contre, les variables de l'habitat, à savoir la couverture de la litière et de tapis herbacé, le nombre d'arbustes (hauteur  $\leq 1$  m), d'arbres de hauteur  $> 1$  m, d'arbres coupés et de liane et l'épaisseur de la litière ne présentent pas de liaison linéaire avec l'abondance de *F. labordi*. Autrement dit, ces variables n'ont aucune influence sur la taille de la population.

Il existe une relation linéaire positive forte entre la hauteur des plantes perchoirs et l'abondance de l'espèce à la lisière de la forêt ( $r=0,79$ ) et moyenne à l'intérieur ( $r=0,54$ ). Toutefois, il n'y a pas une association entre ces deux variables dans la forêt riveraine de cours d'eau ( $r=0,34$ ) et celle située au loin ( $r=0,21$ ).

### ***Facteurs biologiques influençant l'abondance de *F. labordi****

Il n'y a pas de liaison linéaire entre l'abondance des insectes et celle du caméléon ( $r=-0,42$ ). Ainsi, la distribution horizontale de *F. labordi* n'est pas influencée par la disponibilité des insectes dans les habitats. Par ailleurs, la corrélation linéaire entre l'abondance des serpents prédateurs et celle du caméléon est faible ( $r=-0,42$ ). Il en est de même pour les oiseaux prédateurs, la liaison linéaire entre l'abondance de ceux-ci et celle de *F. labordi* est faible ( $r=-0,34$ ).

### ***Distribution verticale***

#### ***Utilisation du perchoir suivant les types d'habitats***

La hauteur du perchoir de l'espèce a été comparée entre forêt relativement intacte et celle en régénération ; entre la lisière et l'intérieur de la forêt et aussi entre la forêt riveraine de cours d'eau et celle loin de cours d'eau. *Furcifer labordi* perche plus haut dans la forêt relativement intacte que dans celle en régénération (figure 2). Cette différence de la hauteur de perchoir est confirmée par le test de Kruskal-Wallis ( $\chi^2=13,84$  ;  $df=1$  ;  $n=111$  ;  $p=0,0001$ ).

Elle perche plus haut à l'intérieur de la forêt ( $2,38 \pm 1,11$ ) qu'à la lisière ( $2,10 \pm 1,12$ ). Ces hauteurs de perchoir ne se diffèrent pas significativement entre ces deux types d'habitat (t test :  $t=0,66$  ;  $df=27,99$  ;  $n=30$  ;  $p=0,5$ ). La hauteur de perchoir est supérieure dans la forêt loin de cours d'eau ( $2,30 \pm 1,23$ ) qu'à celle du riverain de cours d'eau ( $2,05 \pm 0,90$ ). Par contre, cette différence n'est pas soutenue par le test de Kruskal-Wallis ( $\chi^2=0,25$  ;  $df=1$  ;  $n=44$  ;  $p=0,61$ ) (figure 3).

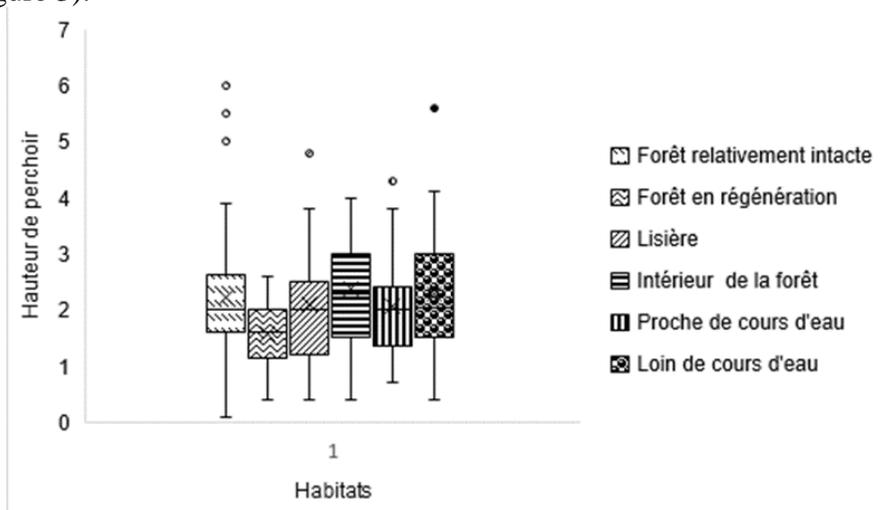


Figure 3 : Hauteur (m) de perchoir de l'espèce suivant les types d'habitat

### ***Relation entre la hauteur de perchoir et l'âge des caméléons***

Les individus juvéniles perchent plus haut, comparé aux autres classes d'âge. Les nouveau-éclos ont aussi une hauteur de perchoir supérieure que celle des adultes. Toutefois, la différence n'est pas significative ( $\chi^2=3,58$  ;  $df=2$  ;  $n=185$  ;  $p=0,16$ ).

### ***Utilisation de perchoir selon les sexes***

Le mâle utilise une large gamme d'hauteurs de perchoir, allant de 40 cm à 6 m que la femelle de 10 cm à 4,8 m. Toutefois, la distribution de ces deux sexes suivant la hauteur de leur perchoir n'est pas statistiquement différente (test de Wilcoxon :  $W= 3920,5$  ;  $n= 185$  ;  $p= 0,37$ ). Les deux sexes distribuent à peu près sur les mêmes hauteurs de perchoir, la femelle à 2,17 m et le mâle à 2 m.

### ***Hauteur de plante perchée***

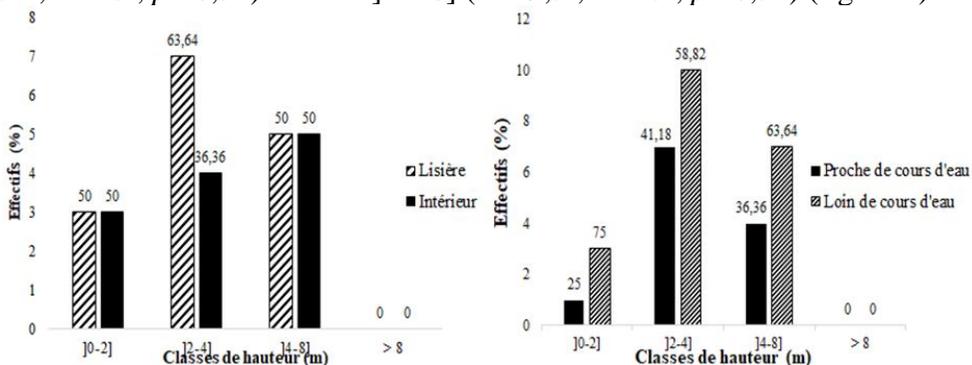
La hauteur de la plante utilisée comme perchoir est supérieure dans la lisière de la forêt qu'à l'intérieur. Toutefois, la différence est non significative ( $F= 0,02$  ;  $df= 1$  ;  $n= 30$  ;  $p= 0,87$ ). Les plantes utilisées sont plus hautes dans la forêt riveraine de cours d'eau qu'à celle loin de cours d'eau. Par contre, ces

hauteurs ne se diffèrent pas significativement (Anova test :  $F= 1,16$  ;  $df= 1$  ;  $n= 43$  ;  $p= 0,28$ ). La hauteur de plante est inférieure dans la forêt en régénération que dans la forêt relativement intacte. Cette différence est soutenue par le résultat de test de Wilcoxon qui révèle une différence significative ( $W=1871,5$  ;  $n=108$  ;  $p=0,001$ ) (tableau 3).

**Tableau 3** : Hauteurs de plantes perchées (Moyenne  $\pm$  SE) selon les types d'habitats.  
 Résultats d'Anova Test.

Habitats	Moyenne $\pm$ SE	N	W	F	P
Forêt relativement intacte	3,85 $\pm$ 1,69	67	1871,5	-	0,001
Forêt en régénération	2,80 $\pm$ 0,94	41			
Lisière	3,79 $\pm$ 1,87	15	-	0,02	0,87
Intérieur	3,68 $\pm$ 1,53	15			
Riverain de cours d'eau	4,14 $\pm$ 1,55	19	-	1,16	0,28
Loin de cours d'eau	3,61 $\pm$ 1,65	24			

En général, l'espèce choisit pour perchoir les plantes de hauteur moyenne, entre 2 m et 4 m (58,4 %) et celles entre 4 m et 8 m (24,7 %). Cependant, aucune différence significative n'est relevée dans les choix de plantes perchées en termes de hauteur entre la forêt riveraine de cours d'eau et celle située au loin : comprise entre ]2 – 4] ( $W= 35$  ;  $n= 15$  ;  $p= 0,2$ ) et entre ]4 – 8] ( $W= 7$  ;  $n= 6$  ;  $p= 0,3$ ). Par ailleurs, en comparant l'intérieur de la forêt et la lisière, l'utilisation de chaque classe de hauteur ne présente pas de différence significative :  $\leq 2$  m ( $W= 4,5$  ;  $n= 5$  ;  $p= 0,41$ ), comprise entre ]2 – 4] ( $W= 14$  ;  $n= 10$  ;  $p= 0,19$ ) et entre ]4 – 8] ( $W= 8$  ;  $n= 8$  ;  $p= 1$ ). De même, entre la forêt relativement intacte et celle en régénération, les pourcentages de plantes choisies en tant que perchoir sont similaires compte tenu de chaque classe de hauteur :  $\leq 2$  m ( $W= 7$  ;  $n= 10$  ;  $p= 0,2$ ), comprise entre ]2 – 4] ( $W= 51$  ;  $n= 23$  ;  $p= 0,57$ ) et entre ]4 – 8] ( $W= 9,5$  ;  $n= 15$  ;  $p= 0,57$ ) (figure 4).



**Figure 4** : Utilisation de plante perchoir selon les classes d'hauteur dans chaque types d'habitats

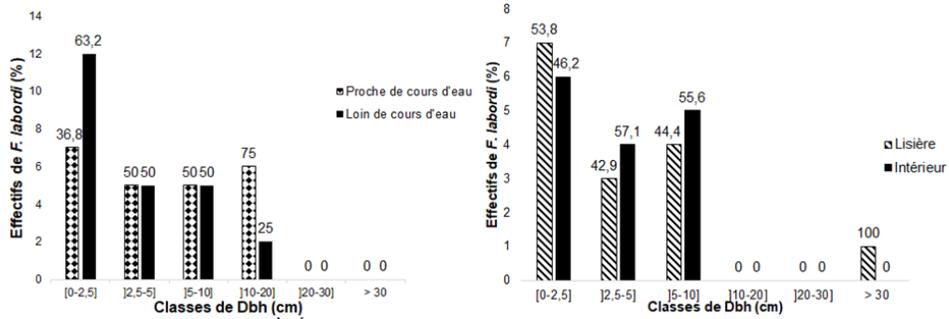
### **DBH de plante perchoir**

Les plantes sont plus grandes dans la lisière de la forêt qu'à l'intérieur. Ces plantes se diffèrent d'une manière non significative entre ces deux types d'habitats ( $\chi^2 = 0,01$  ;  $df = 1$  ;  $n = 30$  ; et  $p = 0,91$ ). L'espèce utilise des plantes ayant de DBH plus grand dans la forêt riveraine de cours d'eau que dans celle située au loin. Encore, il n'existe pas de différence significative entre les DBH de ces deux types d'habitat (test de Kruskal-Wallis :  $\chi^2 = 2,79$  ;  $df = 1$  ;  $n = 47$  ; et  $p = 0,09$ ). En outre, les DBH des plantes ne montrent pas de différence significative entre la forêt relativement intacte et celle en régénération ( $\chi^2 = 1,97$  ;  $df = 1$  ;  $n = 111$  ; et  $p = 0,15$ ) (tableau 4).

**Tableau 4** : DBH de plantes perchées (Moyenne  $\pm$  SE) selon les types d'habitats. Résultats de Test de Kruskal-Wallis.

Habitats	Moyenne $\pm$ SE	N	$\chi^2$	P
<i>Forêt relativement intacte</i>	7,50 $\pm$ 9,6	70	1,97	0,15
<i>Forêt en régénération</i>	8,19 $\pm$ 8,12	41		
<i>Lisière</i>	6,45 $\pm$ 11,94	15	0,01	0,91
<i>Intérieur</i>	3,65 $\pm$ 1,88	15		
<i>Riverain de cours d'eau</i>	5,87 $\pm$ 4,59	23	2,79	0,09
<i>Loin de cours d'eau</i>	3,73 $\pm$ 3,37	24		

Les pourcentages d'utilisation de plantes perchoirs pour chaque classe de Dbh ne montre aucune différence significative, comparés entre la forêt relativement intacte et celle en régénération :  $\leq 2,5\text{cm}$  ( $\chi^2 = 0,95$  ;  $df = 1$  ;  $n = 22$  ;  $p = 0,32$ ), comprise entre ]2,5 – 5] ( $\chi^2 = 0,53$  ;  $n = 16$  ;  $df = 1$  ;  $p = 0,46$ ), entre ]5 – 10] ( $\chi^2 = 0,20$  ;  $n = 10$  ;  $df = 1$  ;  $p = 0,64$ ), entre ]10 – 20] ( $\chi^2 = 0,86$  ;  $n = 13$  ;  $df = 1$  ;  $p = 0,35$ ) et entre ]20 – 30] ( $\chi^2 = 0,5$  ;  $n = 3$  ;  $df = 1$  ;  $p = 0,47$ ). Aussi, l'utilisation des plantes comme perchoir reste similaire pour chaque classe de Dbh entre la lisière et l'intérieur de la forêt :  $\leq 2,5\text{cm}$  ( $\chi^2 = 1,26$  ;  $df = 1$  ;  $n = 7$  ;  $p = 0,26$ ), entre ]2,5 – 5] ( $\chi^2 = 0,11$  ;  $n = 5$  ;  $df = 1$  ;  $p = 0,73$ ) et compris entre ]5 – 10] ( $\chi^2 = 1$  ;  $n = 4$  ;  $df = 1$  ;  $p = 0,31$ ). En outre, le pourcentage d'utilisation des plantes en tant que perchoir se différencie non significativement entre l'habitat riverain de cours d'eau et celui loin de cours d'eau concernant toutes les classes de Dbh :  $\leq 2,5\text{cm}$  ( $\chi^2 = 3,5$  ;  $df = 1$  ;  $n = 14$  ;  $p = 0,06$ ), comprise entre ]2,5 – 5] ( $\chi^2 = 1,04$  ;  $n = 7$  ;  $df = 1$  ;  $p = 0,30$ ), entre ]5 – 10] ( $\chi^2 = 1,25$  ;  $n = 9$  ;  $df = 1$  ;  $p = 0,26$ ), entre ]10 – 20] ( $\chi^2 = 0,4$  ;  $n = 7$  ;  $df = 1$  ;  $p = 0,52$ ) (figure 5).



**Figure 5 :** Utilisation de plante perchoir selon les classes de DBH dans chaque types d'habitat

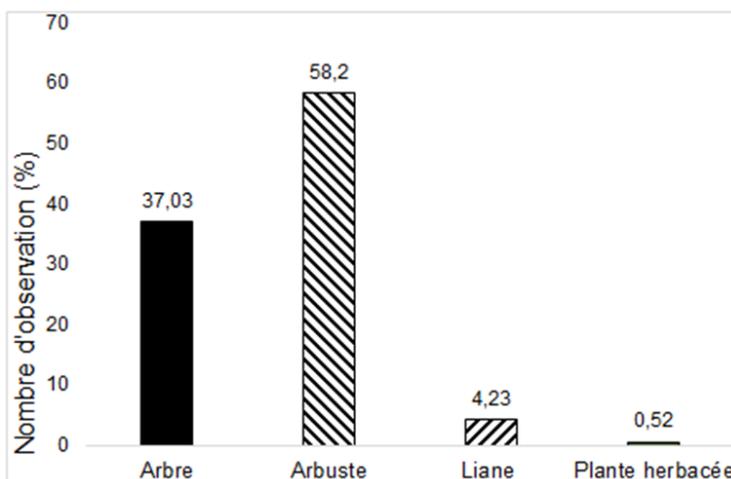
Les individus perchent sur des perchoirs plus grands dans la forêt relativement intacte que dans la forêt en régénération. Le diamètre de perchoir se différencie d'une façon significative entre ces deux types de forêts ( $\chi^2=8,09$  ;  $df= 1$  et  $p= 0,004$ ). Toutefois, les diamètres sont similaires entre la forêt riveraine et celle loin de cours d'eau ( $\chi^2=0,45$  ;  $df= 1$  et  $p= 0,50$ ) et entre la lisière et l'intérieur de la forêt ( $\chi^2=1,55$  ;  $df= 1$  et  $p= 0,21$ ) (tableau 5).

**Tableau 5 :** Diamètre de perchoir (Moyenne  $\pm$  SE) selon les types d'habitats. Résultats de Test de Kruskal-Wallis.

Habitats	Moyenne $\pm$ SE	N	$\chi^2$	P
Forêt relativement intacte	2,18 $\pm$ 0,96	70	8,09	0,004
Forêt en régénération	2,93 $\pm$ 1,49	41		
Lisière	2,32 $\pm$ 1,23	15	1,55	0,21
Intérieur	1,97 $\pm$ 1,36	15		
Riverain de cours d'eau	2,24 $\pm$ 1,43	20	0,45	0,50
Loin de cours d'eau	1,90 $\pm$ 0,92	24		

### Type de plantes perchoirs

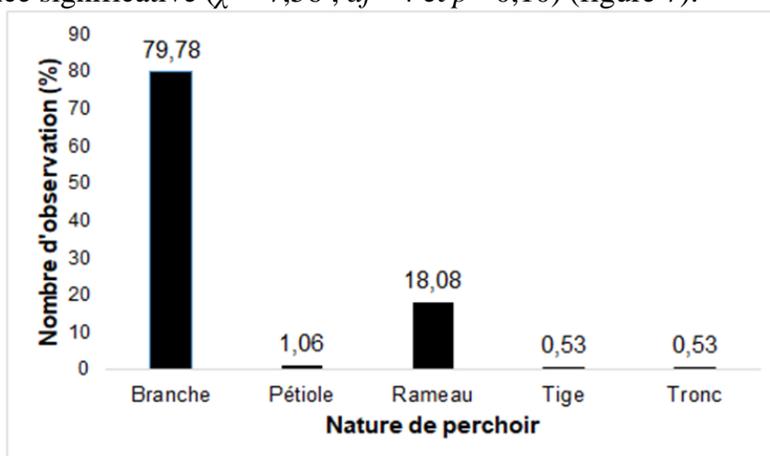
*F. labordii* utilise comme perchoir des arbustes (58,2 %), des arbres (37,03 %), des lianes (4,23 %) et des plantes herbacées (0,52 %). Une tendance vers l'exploitation des arbustes et des arbres comme perchoirs semble être évidente. Toutefois, les fréquentations de ces quatre types de plantes ne montrent aucune différence significative (test de Kruskal-Wallis :  $\chi^2= 3,14$  ;  $df= 3$  et  $p= 0,36$ ) (figure 6). Autrement dit, cette espèce de caméléon utilise indifféremment les perchoirs disponibles sans aucune préférence particulière.



**Figure 6 :** Pourcentages d'utilisation de types de plantes perchoirs

### *Nature du perchoir*

Les individus utilisent fréquemment les branches (79,78 %) que les autres parties de la plante à savoir le pétiole, le rameau, la tige et le tronc. Le tronc d'arbre est le moins exploité (0,53 %). Toutefois, la différence constatée au niveau de l'utilisation de ces parties de plantes ne présente pas une différence significative ( $\chi^2 = 7,56$  ;  $df = 4$  et  $p = 0,10$ ) (figure 7).



**Figure 7 :** Nombre d'observation de *F. labordi* suivant les natures de perchoir

### *Structure de la population*

Durant la période d'étude, toutes les classes d'âges ont été observées, à savoir nouveau-éclos, juvéniles et adultes. En général, la population de *F. labordi* ne présente pas de différence significative entre l'abondance des classes d'âges (Test de Kruskal-Wallis :  $\chi^2 = 0,27$ ,  $df = 2$  et  $p = 0,87$ ). D'une manière générale, les femelles sont plus abondantes que les mâles (sex-ratio=0,84).

En outre, la structure démographique de l'espèce entre les habitats a été confrontée. Entre la lisière et l'intérieur de la forêt, les abondances de nouveau-éclos (test de Wilcoxon :  $w= 2$  et  $p=0,47$ ), de juvéniles (test de Wilcoxon :  $w= 1$  et  $p= 1$ ) et d'adultes (test de Wilcoxon :  $w= 5$  et  $p= 1$ ) sont tous similaires. Comparé entre la forêt riveraine et loin de cours d'eau, l'abondance d'individus juvénile (test de Wilcoxon :  $w= 7$  et  $p= 0,85$ ) et adultes (test de Wilcoxon :  $w= 7,5$  et  $p= 1$ ) reste conforme. De même, elle ne présente pas de différence significative chez les adultes entre la forêt relativement intacte et celle en régénération (test de Wilcoxon :  $w= 296$  et  $p= 0,72$ ). Seulement, l'abondance des individus juvéniles qui se diffère significativement entre ces deux types d'habitats (test anova :  $F= 25$  ;  $Df= 1$  et  $p= 0,03$ ). Aucun nouveau-éclos n'a été recensé dans les forêts relativement intacte, en régénération et loin de cours d'eau (tableau 6).

**Tableau 6** : Structure démographique suivant les types d'habitats

Habitats	N	Classes d'âge			Sexes		Sex-ratio
		NE	J	A	M	F	
Forêt relativement intacte	6	0	7 (6,9%)	59 (58,4%)	3	36	0,83
	6				0		
	3				1		
Forêt en régénération	5	0	2 (1,9%)	33 (32,8%)	6	19	0,84
	5				6		
Lisière	1	1 (3,8%)	5 (18,5%)	9 (33,3%)	8	7	1,14
Intérieur de la forêt	1	4 (14,8 %)	4 (14,8 %)	4 (14,8 %)	4	8	0,5
	2						
Proche de cours d'eau	1	2 (5,9 %)	6 (17,6 %)	7 (20,6 %)	7	8	0,87
	5						
Loin de cours d'eau	1	0	7 (20,6 %)	12 (35,3%)	9	10	0,9
	9						

## Discussion

L'abondance de *F. labordi* par 100 m de distance est légèrement supérieure à l'intérieur de la forêt qu'à la lisière. De même, elle présente une moindre différence entre la forêt loin de cours d'eau et celle riveraine de cours d'eau. Autrement dit, cette espèce se répartit uniformément d'un habitat à l'autre. Elle tolère la variation de l'habitat. Dans la forêt humide de l'est, Jenkins *et al.* (2002) ont révélé quatre espèces de *Calumma* et *Brookesia thieli* étaient présentes dans tous les habitats dans les habitats riverains. Parmi les cinq espèces de caméléons observées dans la zone forestière continue du sud du Nigeria, *Chamaeleo gracilis gracilis* est une sous-espèce généraliste en termes de fréquentation d'habitat (Akani *et al.* 2001). Ces résultats concordent avec ceux de Raselimanana (2008) que *F. labordi* distribue uniformément dans deux blocs forestiers à caractéristiques différents et qu'elle est une espèce généraliste qui ne présente pas de préférences écologiques particulières en terme d'habitat.

La présente faible variation de l'abondance de cette espèce n'est corrélée ni avec l'abondance des insectes son principal régime alimentaire, ni celle des serpents et rapaces, ses principaux prédateurs. En fait, l'abondance est plutôt linéairement liée avec la couverture de la canopée. Egalement, cette maigre variation de distribution est corrélée avec la hauteur de plante utilisée comme perchoir à la lisière et à l'intérieur de la forêt compte tenu des types d'habitat. Ainsi, la taille de la population est influencée par la couverture de la canopée et la hauteur de plante perchoir. Cette couverture permet aux caméléons de se camoufler contre les prédateurs aériens (Rachel *et al.*, 2022). Ces prédateurs sont les oiseaux qui sont parmi les principaux prédateurs de caméléons. Ces oiseaux ont une vision des couleurs supérieures (Hart, 2001) et s'appuient exclusivement sur des signaux visuels pour détecter leurs proies (Kassarov, 2003). D'après Gizachew (2022), la distribution de la biodiversité est affectée par une variété de facteurs environnementaux, y compris l'histoire géologique régionale, la stabilité environnementale, la productivité de l'écosystème, l'hétérogénéité et la pertinence de l'habitat, la concurrence et la prédation. Par exemple selon Andreone *et al.* (2005), la plus haute concentration d'individus de *Furcifer pardalis* en bandes forestières le long des routes s'explique par la présence d'une bande de végétation propice et similitude de cet habitat avec les forêts riveraines et écotonales préférées des caméléons du genre *Furcifer*.

Les hauteurs de perchoir ne se diffèrent pas significativement entre l'intérieur de la forêt et la lisière et entre la forêt riveraine de cours d'eau et celle qui se trouve au loin. Par contre, elles se diffèrent significativement entre la forêt relativement intacte et celle en régénération. Autrement dit, la hauteur de perchoir de cette espèce varie selon la dégradation de l'habitat. Le choix de hauteur de perchoir pourrait être lié à la stratégie contre les prédateurs nocturnes chez les caméléons. Ces derniers préfèrent les strates peu ouvertes qui sont moins inaccessibles aux prédateurs. Le choix de se percher sur les strates plus ouvertes augmente l'occasion de se faire attraper par les prédateurs. En outre, le choix de perchoir situé en une hauteur supérieure est une stratégie pour se chauffer facilement dès que le soleil se lève. Ce résultat concorde avec celui de Randrianantoandro (2007) qui stipule que la hauteur de perchoir était significativement différente entre la forêt moins perturbée et plus perturbée. Cette espèce présente de variation d'utilisation de types d'habitat en termes d'hauteur de perchoir. Selon Miller (2017), en étudiant la variation morphologique, comportementale et génétique d'une espèce dans différents habitats pour comprendre si elle est une espèce qui survivra aux exigences du changement d'habitat, *Brookesia stumpffi* se perchait sur des perchoirs plus hauts dans des habitats secondaires et dégradés par rapport aux forêts primaires. La distribution des individus mâle et femelle suivant la hauteur de leur perchoir n'est pas statistiquement différente. Ce résultat

concorde avec celui de Razafimahatratra *et al.* (2008) en étudiant *Brookesia decaryi* qu'il n'y avait pas de différences sexuelles dans la sélection des sites de couchage tenu compte du diamètre du perchoir, de la hauteur du perchoir et de la hauteur de la végétation.

La hauteur de la plante utilisée comme perchoir ne se diffère pas significativement d'une part entre la lisière et l'intérieur de la forêt et d'autre part entre la forêt riveraine de cours d'eau et celle située au loin. Par contre, elle montre une différence significative entre la forêt en régénération et celle relativement intacte. Autrement dit, *F. labordi* présente une variation de choix de hauteur de plante perchée suivant les types d'habitats. Cela pourrait être dû à la capacité d'adaptation de cette espèce aux habitats qu'elle fréquente.

Aucune différence significative n'est relevée entre les choix d'utilisation de plantes perchoirs pour chaque classe de hauteur, comparés entre la forêt riveraine de cours d'eau et celle loin de cours d'eau. Egalement, en comparant l'intérieur de la forêt et la lisière, l'utilisation de chaque classe de hauteur ne présente pas de différence significative. L'utilisation des plantes comme perchoir reste similaire pour chaque classe de DBH entre la lisière et l'intérieur de la forêt. Encore, le pourcentage d'utilisation des plantes en tant que perchoir se différencie non significativement entre l'habitat riverain de cours d'eau et celui loin de cours d'eau concernant toutes les classes de DBH. Autrement dit, les choix de classe de hauteur et de DBH de plante perchoir ne montrent pas de variation d'un habitat à l'autre. L'espèce ne possède pas de préférence particulière sur le choix des classes de hauteur et de DBH. Ces résultats pourraient être dû à l'homogénéité de structure de ces types d'habitats puisque d'après nos résultats, la lisière de la forêt et l'intérieur possèdent les mêmes caractéristiques.

Les perchoirs se différencient d'une manière non significative entre la forêt riveraine et loin de cours d'eau et encore entre la lisière et l'intérieur de la forêt, tenu compte de leur diamètre. Ils se différencient d'une façon significative entre la forêt relativement intacte et celle en régénération. Ainsi, le choix de la taille de perchoir est variable suivant les types d'habitats. Encore, cette espèce possède une faculté de variation de choix de taille de perchoir. Les nombres d'observation des individus sur les types de plantes ne montrent pas de différence significative. Les individus perchent sur la branche, le pétiole, le rameau, la tige ainsi que le tronc. L'utilisation de ces parties de plante ne montre pas de différence significative. L'espèce utilise semblablement les parties des plantes disponibles et ne montre pas de préférence particulière en termes de nature de perchoir. En fait, le choix de sites de sommeil des caméléons a tendance à être situés sur des perchoirs instables, soit des plantes à circonférence étroite, soit des perchoirs minces sur des arbres (Carpenter, 2003 ; Da Silva & Tolley, 2013 ; Measey *et al.*, 2014). Un changement complet du microhabitat est observé chez les caméléons du genre *Brookesia*,

qui sont généralement terrestres et trouvés sur la litière de feuilles pendant la journée, mais dorment invariablement sur des perchoirs instables tels que des arbustes, des jeunes arbres, ou des rameaux morts pendant la nuit (Raxworthy & Nussbaum, 1995 ; Carpenter, 2003 ; Razafimahatratra *et al.*, 2008 ; Miller, 2017). La spécialisation consistant à dormir sur des perchoirs instables pourrait servir de système d'alerte précoce pour détecter l'approche des prédateurs (Anderson, 1998) et minimiser le risque de prédation. Premièrement, les plantes à circonférence étroite peuvent empêcher de nombreux prédateurs, en particulier les espèces de grande taille, de grimper. Si un prédateur grimpe effectivement sur la perche, des perchoirs minces garantissent que les signaux tactiles atteignent l'animal endormi et permettent une excitation et une fuite en temps opportun. Cet argument est en outre expliqué par l'utilisation divergente de la perche entre les proies endormies et les prédateurs en quête de nourriture (Chandler & Tolson, 1990). Des exemples de prédation réussie sur des lézards endormis par des prédateurs de serpents s'approchant de plantes adjacentes (Yorks *et al.*, 2003) et des tentatives infructueuses lors de l'approche de la même plante de perche (Mohanty *et al.*, 2016), sont conformes à cette stratégie pour éviter des prédateurs. Le principal facteur qui détermine le site de sommeil et la position de *Brookesia decaryi* peut être l'évitement de la prédation, mais d'autres facteurs, tels que la contrainte morphologique et les conditions climatiques, ne peuvent être exclus (Razafimahatratra *et al.*, 2008).

Toutes les classes d'âges ont été observées, à savoir nouveau-éclos, juvéniles et adultes. En générale, la population de *F. labordi* ne présente pas de différence significative entre l'abondance des classes d'âges. Ce résultat concorde avec celui de Raselimanana (2008) que tous les stades de développement ont été observés chez cette espèce. Par contre d'après cet auteur, la proportion des adultes observés est plus élevée par rapport à celle des nouveau-éclos. D'une manière générale, les femelles sont plus abondantes que les mâles (sex-ratio=0,84). D'après Raselimanana (2008) et Randrianantondro (2007), le sex-ratio est aussi en faveur des femelles. Selon Hudel & Kappeler (2022), le mâle de *F. labordi* se déplaçait sur de plus grande distance durant la période de reproduction et une femelle pourrait s'accoupler avec un nombre plus élevé d'individus mâle. Cela pourrait entraîner une compétition intense et un combat néfaste entre les mâles. Cette situation pourrait être une raison de ce sex-ratio en faveur de femelle. Encore, il pourrait être lié à la longévité des individus mâle et femelle. Cette dernière était suggérée d'avoir un avantage de longévité par rapport au mâle par Eckhardt *et al.* (2017).

En outre, la structure démographique de l'espèce entre les habitats a été confrontée. Entre la lisière et l'intérieur de la forêt, les abondances de nouveau-éclos, de juvéniles ne se différencient pas significativement et sont tous

similaires. Comparée entre la forêt riveraine et loin de cours d'eau, l'abondance des individus juvénile et adulte reste conforme. De même, elle ne présente pas de différence significative chez les adultes entre la forêt relativement intacte et celle en régénération. Seulement, l'abondance des individus juvéniles qui se diffère significativement entre ces deux types d'habitats. En générale, chaque classe d'âge ne présente pas de préférence particulière en terme de types d'habitats. En fait, cette espèce n'aurait pas d'exigence particulière pour site de reproduction. Aucun nouveau-éclos n'a été recensé dans les forêts relativement intacte, en régénération et loin de cours d'eau. Cela pourrait être dû à la difficulté de leur détection, vu leur petite taille (Raselimanana, 2018).

## Conclusion

L'espèce de caméléons, *Furcifer labordi*, vertébré ayant le plus court cycle biologique ne dépassant une année préfère légèrement l'intérieur de la forêt que la lisière. Elle est plutôt généraliste en termes d'habitats et les gradients écologiques associés aux milieux riverains n'ont aucune influence notable sur sa distribution. Par ailleurs, l'abondance de cette espèce n'est pas influencée ni par la pullulation de ses proies ni de celle de ses prédateurs. Par contre, la couverture de la canopée et la repartition des hauteurs des arbres depuis la lisière vers le cœur de la forêt sont des paramètres qui influencent la distribution horizontale. Les hauteurs de perchoir ne se diffèrent pas significativement entre l'intérieur de la forêt et la lisière et entre la forêt riveraine de cours d'eau et celle loin de cours d'eau. L'état de la forêt, intacte ou régénérés influence le choix de la hauteur de perchoir. Toutefois, ni la classe d'âge, ni le sexe n'ont aucune influence sur ce choix de hauteur de perchoir. En outre, *F. labordi* utilise indifféremment les différents types de plantes (arbustes, arbres, herbacées et lianes) sans aucune préférence particulière. La distribution sur le plan verticale, tenu compte de DBH de plante perchée reste similaire d'un habitat à l'autre. Les perchoirs se diffèrent d'une manière non significative entre la forêt riveraine de cours d'eau et celle loin de cours d'eau et encore entre la lisière et l'intérieur de la forêt, tenu compte de leur diamètre. Ils se diffèrent d'une façon significative entre la forêt relativement intacte et celle en régénération. L'utilisation des parties de plante ne montre pas différence significative. L'espèce utilise semblablement ces parties des plantes disponibles et ne montre pas de préférence particulière. Toutes les classes d'âges ont été observées, à savoir nouveau-éclos, juvéniles et adultes. En générale, la population de *F. labordi* ne présente pas de différence significative entre l'abondance des classes d'âges. En générale, chaque classe d'âge ne présente pas de préférence particulière en terme de types d'habitats, sauf seulement, l'abondance des individus juvéniles qui se diffère significativement entre la forêt relativement intacte et celle en

régénération. Nos résultats suggèrent que cette espèce n'ait aucune exigence particulière vis à vis des types d'habitats et sa répartition restreinte pourrait être dû à la destruction de la couverture végétale.

**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. Akani, G. C., Ogbalu, O. K. & Luiselli, L. (2001). Life–history and ecological distribution of chameleons (Reptilia, Chamaeleonidae) from the rain forests of Nigeria: conservation implications. *Animal Biodiversity and Conservation*, 24.2: 1–15.
2. Anderson, J. R. (1998). Sleep, sleeping sites, and sleep-related activities : awakening to their significance. *American Journal of Primatology* 46, 63–75.
3. Andreone, F., Guarino, F.M. & Randrianirina, J.E. (2005). Life history traits, age profile and conservation biology of the panther chameleon (*Furcifer pardalis*) at Nosy Be, NW Madagascar. *Tropical Zoology* 18, 209–225.
4. Andrianarivony, R. (2005). Contribution à l'étude des communautés aviaires dans le corridor entre les deux parcelles de la Reserve Spéciale de Beza Mahafaly. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure de Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Antananarivo.
5. Benjanahary, R.B. (2011). Ecologie et préférence en habitat des *Brookesia nasus* dans l'aire protégée de Tsitongambarika, région d'Anosy, sud-est de Madagascar. Mémoire de DEA, Département des sciences biologiques, Université de Toliara, Toliara.
6. Blondel, J., Ferry, C. & Frochot, B. (1970). La méthode des indices ponctuels d'abondance (I.P.A.) ou des relevés d'avifaune par station d'écoute. *Alauda*, 38 : 55-71
7. Brady, L., Huston, K., Jenkins, R., Kauffmann, J., Rabearivony, J., Raveloson, G. & Rowcliffe, M. (1996). UEA expédition « 93 ». Final report. University of East Anglia, Norwich. 142 p
8. Brady, L. D., & Griffiths. R. A. (1999). Status assessment of Chameleons in Madagascar. IUCN Species Survival Commission. IUCN. Gland. Switzerland and Cambridge. UK.

9. Brygoo, E. R. (1978). Reptiles Sauriens Chamaeleonidae. Genre *Brookesia* et complément pour le genre *Chamaeleo*. Faune de Madagascar 47: 1-173.
10. Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., & Laake, J. L. (1993). Distance Sampling: Abundance of Biological Populations, Chapman & Hall, London, reprinted (1999) by Research Unit for Wildlife Population Assessment, St Andrews.
11. Burrage, B.R. (1973). Comparative ecology and behaviour of *Chamaeleo pumilis* (Gmelin) and *C. namaquensis* A. Smith (Sauria: Chamaeleonidae). Annals of the South African Museum 61:1–158.
12. Carpenter, A.I. (2003). The ecology and exploitation of chameleons in Madagascar. PhD Dissertation. University of East Anglia.
13. Caughley, G. & Sinclair, A.R. (1994). Wildlife ecology and management. Blackwell, Boston.
14. Chandler, C. R. & Tolson, P. J. (1990). Habitat use by a Boid Snake, *Epicrates monensis*, and its Anoline prey, *Anolis cristatellus*. Journal of Herpetology 24, 151–157.
15. Crottini, A., Harris, D.J., Irisarri, I.A., Lima, A., Rasamison, S. & Rosa, G.M. (2010). Confirming Domergue: *Ithycyphus oursi* Domergue, 1986 predation upon *Furcifer oustaleti* (Mocquard, 1894). Herpetology Notes.
16. Cuadrado, M. (2001). Mate guarding and social mating system in male common chameleons (*Chamaeleo chamaeleon*). Journal of Zoology 255:425–435.
17. Da Silva, J. M. & Tolley, K. A. (2013). Ecomorphological variation and sexual dimorphism in a recent radiation of dwarf chameleons (*Bradypodion*). Biological Journal of the Linnean Society 109, 113–130.
18. Delvare, G. & Aberlenc, H.P., (1989). Les insectes d’Afrique et d’Amerique tropicale. Clés pour la reconnaissance des familles. Laboratoire de Faunistique- Département GERDAT, France, 302p.
19. Djadagna Ahy, N.P.H., Raselimanana, A.P., René De Roland, L-A. 2023. Variation de la durée de vie de *Furcifer labordi* en fonction de certains facteurs dans la Réserve Spéciale d’Andranomena, Morondava, Madagascar. European Scientific Journal, ESJ, 19 (21), 231.
20. Eckhardt, F., Kappeler, P. M., & Kraus, C. (2017). Highly variable lifespan in an annual reptile, Labord’s chameleon (*Furcifer labordi*).Scientific Reports 7(1)

21. Gizachew, G., (2022). Spatial-Temporal and Factors Influencing the Distribution of Biodiversity: *A Review*. ASEAN Journal of Science and Engineering 2(3) 273-284
22. Glaw, F. & Vences, M. (2007). A fieldguide to the amphibians and reptiles of Madagascar. Third Edition. Vences & Glaw Verlag, Cologne.
23. Glaw, F., Vences, M., Ziegler, T., Böhme, W. & Köhler, J. (1999). Specific distinctness and biogeography of the dwarf chameleons *Brookesia minima*, *B. peyrierasi* and *B. tuberculata* (Reptilia: Chamaeleonidae): evidence from hemipenal and external morphology. Journal of Zoology 247, 225–238.
24. Glaw, F., Prötzel, D., Eckhardt, F., Raharinoro, N.A., Ravelojaona, R.N., Glaw, T., Glaw, K., Forster, J. & Vences, M. (2020). Rediscovery, conservation status and genetic relationships of the Malagasy chameleon *Furcifer voeltzkowi*. Salamandra, 56(4) : 342-354.
25. Goodman, S. M., Raheirilalao, M. J. & Wohlhauser, S. (eds.). (2020). Les aires protégées terrestres de Madagascar: Leur histoire, description et biote / The terrestrial protected areas of Madagascar: Their history, description, and biota. Association Vahatra, Antananarivo.
26. Hart, N.S. (2001). The visual ecology of avian photoreceptors. *Progress in Retinal and Eye Research* 20:675–703.
27. Hawkins, C.E. & Racey, P.A., (2008). Food habits of an endangered carnivore, *Criptoprocta ferox*, in the dry deciduous forests of western Madagascar. Journal of Mammalogy, 89(1): 64-74.
28. Hudel, L. & Kappeler, M. P. (2022). Sex-specific movement ecology of the shortest-lived tetrapod during the mating season. Scientific Reports 12 :10053
29. Jenkins, R. K. B., Brady, L. D., Huston, K., Kauffman, J. L. D., Rabearivony, J., Raveloson, G., & Rowcliffe, M. (1999). The population status of chameleons within Ranomafana National Park. Madagascar and recommendations for future monitoring. Oryx. 33. Pp. 38-46.
30. Jenkins, R.K.B., Brady, L.D., Bisoa, M., Rabearivony, J. & Griffiths, R.A. (2002). Forest disturbance and river proximity influence chameleon abundance in Madagascar. Biological conservation.
31. Jenkins, R.K.B., Brady, L.B., Bisoa, M., Rabearivony, J. & Griffiths, R.A. (2003). Forest disturbance and river proximity influence chameleon abundance in Madagascar. Biological Conservation 109:407–415.

32. Jenkins, R.K.B., Rabearivony, J. & Rakotomanana, H. (2009). Predation on chameleons in Madagascar : a review. *African Journal of Herpetology* 58 : 131-136.
33. Jesu, R., Mattioli, F. & Schimmenti, G. (1999). On the discovery of a new large chameleon inhabiting the limestone outcrops of western Madagascar : *Furcifer nicosiai* sp. nov. (Reptilia, Chamaeleonidae). *Doriana* 12, 1–14.
34. Karsten, K.B., Andriamandimbarisoa, L.N., Fox, S.F. & Raxworthy, C.J. (2009). Sexual selection on body size and secondary sexual characters in two closely related, sympatric chameleons in Madagascar. *Behavioural Ecology* 20: 1079-1088.
35. Karsten, K. B., Andriamandimbarisoa, L.N., Fox, S.F. & Raxworthy, C.J. (2008). Discovery of a unique tetrapod life history: and annual chameleon living mostly as an egg. *Proceeding of the National Academy of Sciences* 105:8980-8984.
36. Kassarov, L. (2003). Are birds the primary selective force leading to evolution of mimicry and aposematism in butterflies? An opposing point of view. *Behaviour* 140:433–451.
37. Langrand, O. (1990). *Guide to the birds of Madagascar*. Yale University Press, New Haven.
38. Lobón-Rovira, J., Belluardo, F., Rasoazanany, M., Rosa, G.M. & Crottini, A. (2020). Canopy chameleon (*Furcifer willsii*) consumption by common big-eyed snake (*Mimophis mahfalensis*) in Fivahona Forest, eastern Madagascar.
39. Measey, G. J., Raselimanana, A. & Herrel, A. (2014). Ecology and life history of chameleons. In *The Biology of Chameleons* (eds K. A. TOLLEY and A. HERREL), pp. 85– 113. University of California Press, Berkeley.
40. Miller, C. (2017). Morphological and roosting variation in the dwarf Chameleon *brookesia stumpffi* between primary, secondary, and degraded habitats in nosy be, Madagascar. *Herpetological Conservation and Biology* 12(3):599–605.
41. Mohanty, N. P., Harikrishnan, S. & Vasudevan, K. (2016). Watch out where you sleep: nocturnal sleeping behaviour of Bay Island lizards. *PeerJ* 4, e1856.
42. Nageleisen, L.M. & Bouget, C., coord. (2009). L'étude des insectes en forêt : méthodes et techniques, éléments essentiels pour une standardisation. Synthèse des réflexions menées par le groupe de travail « Inventaires Entomologiques en Forêt » (Inv.Ent.For.). Les Dossiers Forestiers n°19, Office Nationaldes Forêts, 144 p.
43. Rabearivony, J., Brady, L.D., Jenkins, R.K.B. & Ravoahangimalala, O.R. (2007). Habitat use and abundance of a low-altitude chameleon

- assemblage in eastern Madagascar. *Herpetological Journal* 17 : 247–254.
44. Rabearivony, J. & Raselimanana, A.P. (2022). Chameleons (Squamata : Chamaeleonidae) as Bio-indicators. *European Modern Studies Journal* Vo 6 No 6.
  45. Rachel, M. D., Andrea L. L., & Christopher V. A. (2022). The functional basis for variable antipredatory behavioral strategies in the chameleon *Chamaeleo calyptratus*. *J Exp Biol.* 225(10): jeb242955.
  46. Raheirilalao, M.J. (2001). Effets de la fragmentation de la forêt sur les oiseaux autour du Parc National de Ranomafana (Madagascar). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 2001, 56 (4), pp.389-406. hal-03530083f.
  47. Raholdina, A.M.F. (2012). Etude écologique et analyse structural de la population de *Furcifer campani* (Grandidier, 1872) dans le massif de l'Ankaratra. Mémoire de DEA, Facultés des Sciences, Université d'Antananarivo.
  48. Randrianantoandro, J.C., Randrianelona, R., Andriatsimanarilafy, R.R., Hantalalaina, E.F., Rakotondravony, D. & Jenkins, R.K.B. (2007a). Roost site characteristics of sympatric dwarf chameleons (genus *Brookesia*) from western Madagascar. *Amphibia-Reptilia* 28:577–581.
  49. Randrianantoandro, J. C. (2007). Chameleons for conservation: Surveying and monitoring in Central Menabe, Madagascar. Final Report, Future Conservationist Award.
  50. Randrianantoandro, J.C., Razafimahatratra, B., Soazandry, M., Ratsimbazafy, J. & Jenkins, R.K.B. (2010). Habitat use by chameleons in a deciduous forest in western Madagascar. *Amphibia-Reptilia* 31: 27-35
  51. Raselimanana, A. P., & Rakotomalala, D. (2003). Chamaeleonidae, Chameleons. Pages 961-969 in J. Benstead, editor. *The Natural History of Madagascar*. The University of Chicago Press, Chicago and London.
  52. Raselimanana, A. P. (2004). L'herpetofaune de la forêt de Mikea. Pages 37-50 in S. M. Goodman, editor. *Inventaire floristique et faunistique de la forêt de Mikea : paysage écologique et diversité biologique d'une préoccupation majeure pour la conservation*. Recherches Pour Le Developpement.
  53. Raselimanana, A. P. (2008). Herpetofaune des forêts sèches malgaches. *Malagasy Nature* 1:46-75.
  54. Raselimanana, M. (2018). Utilisation de l'habitat et structure de la population des caméléons dans la forêt sèche de Kirindy CNFEREF, Morondava, Madagascar. Mémoire de Master, Parcours Biologie de la Conservation Animale, Université d'Antananarivo, Antananarivo.

55. Raxworthy, C.J. (1991). Field observations on some dwarf chameleons (*Brookesia spp.*) from rainforest areas of Madagascar, with the description of a new species. *Journal of Zoology* 224, 11–25.
56. Raxworthy, C.J. & Nussbaum, R.A. (1995). Systematics, speciation and biogeography of the dwarf chameleons (*Brookesia* ; Reptilia, Squamata, Chamaeleonidae) of northern Madagascar. *Journal of Zoology* 235, 525–558.
57. Razafimahatratra, B., Akira Mori, A., & Hasegawa, M. (2008). Sleeping Site Pattern and Sleeping Behavior of *Brookesia decaryi* (*Chamaeleonidae*) in Ampijoroa Dry Forest, Northwestern Madagascar. *Current Herpetology* 27(2): 93–99.
58. Rosa, G.M., Mercurio, M., Crottini, A. & Andreone, F. (2010). Predation of the snake *Leioheterodon modestus* (Günther, 1863) upon the rainbow frog *Scaphiophryne gottlebei* Busse & Böhme, 1992 at Isalo, southern Madagascar. *Herpetology Notes*, volume 3: 259-261.
59. Rosa, G.M., Branco, J.C., Couto, H., Bergò, P.E. & Andreone, F. (2016). *Mimophis mahfalensis* (common big-eyed snake) predation on *Furcifer major* (giant carpet chameleon) in Isalo, Madagascar. *Herpetology Notes*.
60. Scholtz, C.H. & Holm, E. (1986). *Insects of Southern Africa*. Butterworths. Durban, South Africa.
61. Shiel, C., McAney, C., Sullivan, C. & Fairley, J. (1997). *Identification of arthropod fragments in bat droppings*, 56p.
62. Toxopeus, A.G., Kruijt, J.P. & Hillenius, D. (1988). Pair-bonding in chameleons. *Naturwissenschaften* 75:268–269.
63. Wild, C. (1994). Ecology of the Western pygmy chameleon *Rhampholeon spectrum* Buchholz 1874 (Sauria: Chamaeleonidae). *British Herpetological Society Bulletin* 49 :29–35.
64. Yorks, D. T., Williamson, K. E., Henderson, R. W., Powell, R. & Parmerlee, J. S. (2003). Foraging behavior in the arboreal Boid *Corallus grenadensis*. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 38, 167–172.

## Expérience de prise en charge de Xeroderma Pigmentosum au service de Dermatologie-vénérologie à Cotonou

*Peggy Mboli-Goumba Guérendo, Assistant Professor*

Service de Dermatologie vénérologie, CNHUB

Faculté des Sciences de la Santé, Université de Bangui, Centrafrique

*Boh Fanta Diané, Assistant Professor*

Service de Dermatologie-MST, CHU Donka,

Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Guinée

*Nadège Agbessi Mekoun, Assistant Professor*

*Christiane Koudoukpo, Full Professor*

Service de Dermatologie-vénérologie, CHUD-Borgou/Aligori

Faculté de Médecine, Université de Parakou, Bénin

*Fabrice Akpadja, Associate Professor*

*Bérénice Dégboé, Associate Professor*

Service de Dermatologie-vénérologie, CNHU-HKM

Faculté des Sciences de la Santé, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p77](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p77)

Submitted: 04 November 2023

Accepted: 20 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Mboli-Goumba Guérendo P., Fanta Diané B., Agbessi Mekoun N., Koudoukpo C., Akpadja F. & Dégboé B. (2024). *Expérience de prise en charge de xeroderma pigmentosum au service de Dermatologie-vénérologie à Cotonou*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 77. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p77>

### Résumé

**Introduction:** Le Xeroderma pigmentosum (XP) est une maladie génétique, entraînant une sensibilité accrue au rayonnement ultraviolet avec pour conséquences des lésions cutanées spécifiques sur les zones photoexposées. **Observation clinique:** Il s'agissait d'un garçon de 3 ans, sans antécédent familial particulier, reçu pour des troubles pigmentaires du visage, évoluant depuis un an, avec un début en période néonatale marqué par l'apparition de lésions bulleuses cutanées sur les zones photoexposées. Aucun facteur déclenchant n'était identifié. L'évolution de la maladie était marquée par l'apparition de macules bigarrées. Les signes accompagnateurs étaient une photophobie et un larmoiement. Les lésions cutanées évoluaient par périodes

de poussées et rémissions dans un contexte de retard psychomoteur. Le XP était évoqué sur la base d'arguments cliniques. Aucun examen paraclinique spécifique n'était réalisé. Une protection solaire et un émollient étaient prescrits. La surveillance était ophtalmologique et neurologique. **Conclusion :** Le XP était évoqué uniquement sur la base d'arguments cliniques. Un bilan paraclinique aurait permis la confirmation du diagnostic. Devant les risques de complications, une prise en charge multidisciplinaire est nécessaire.

---

**Mots-clés:** Xeroderma pigmentosum, dyschromie, zones photoexposées, Cotonou

---

## **Experience in Xeroderma Pigmentosum Management in the Dermatology-venereology unit in Cotonou**

***Peggy Mboli-Goumba Guérendo, Assistant Professor***

Service de Dermatologie vénérologie, CNHUB

Faculté des Sciences de la Santé, Université de Bangui, Centrafrique

***Boh Fanta Diané, Assistant Professor***

Service de Dermatologie-MST, CHU Donka,

Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Guinée

***Nadège Agbessi Mekoun, Assistant Professor***

***Christiane Koudoukpo, Full Professor***

Service de Dermatologie-vénérologie, CHUD-Borgou/Aligori

Faculté de Médecine, Université de Parakou, Bénin

***Fabrice Akpadja, Associate Professor***

***Bérénice Dégboé, Associate Professor***

Service de Dermatologie-vénérologie, CNHU-HKM

Faculté des Sciences de la Santé, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

---

### **Abstract**

**Introduction :** Xeroderma pigmentosum (XP) is a genetic disorder, that leads to increased sensitivity to ultraviolet radiation with consequences such as specific skin lesions on areas of photoexposure. **Case report :** It was about a 3-year-old boy, with no particular family history, received for skin discolorations of the face, evolving since one year, with a beginning during a neonatal period marked with the occurrence of bullous skin lesions on photoexposed areas. No triggering factor was identified. The course of the disease was marked by the appearance of discolored macules. Accompanying signs were photophobia and tearing. The skin lesions were evolving through outbreaks and remission periods in the context of psychomotor retardation. XP

was discussed based on clinical arguments. No specific paraclinic assessment was performed. Sun protection and a skin emollient were prescribed. Monitoring was ophthalmologic and neurological. **Conclusion :** XP was discussed based solely on clinical findings. Paraclinic assessment would have allowed the confirmation of the diagnosis. With the risks of complications, multidisciplinary management is necessary.

---

**Keywords:** Xeroderma pigmentosum, dyschromia, photoexposed areas, Cotonou

## Introduction

Le xeroderma pigmentosum (XP) a été décrit pour la 1<sup>ère</sup> fois en 1874 par Hebra et Kaposi (Hebra & Kaposi, 1874). Il s'agit d'une anomalie de transmission autosomique récessive liée à un défaut de réparation de l'acide desoxyribonucléique (ADN), entraînant une sensibilité anormale de la peau au rayonnement ultraviolet ; et se caractérisant cliniquement par l'apparition précoce de modifications pigmentaires, d'atrophie, de kératoses et carcinomes, prédominant sur les zones photoexposées avec des anomalies oculaires et buccales variées (Mishri, 2021). Le XP est classé en plusieurs sous-types nommés de A à G. NER (nucleotide excision repair/réparation par excision de nucléotide) est la voie indispensable de réparation de l'ADN pour tous les êtres vivants, permettant l'élimination des lésions au sein du génome. Ainsi, une anomalie de cette voie va conduire à des lésions non réparées dans le génome, ce qui entraîne un défaut de régulation de la réplication et de la transcription de l'ADN, aboutissant à des mutations (Gözükara et al., 1994). La prédisposition aux cancers cutanés est ainsi une des plus importantes caractéristiques du XP (Nishigori et al., 2019). Le XP n'a pas de traitement connu à ce jour mais peut être contrôlé par une éviction solaire (Hassan et al., 2023). La fréquence du xeroderma pigmentosum est estimée à 1/1 000 000 aux Etats-Unis et en Europe et à 1/100 000 au Moyen-Orient (Sarasin et al., 1988). En Afrique subsaharienne, il s'agit encore de cas isolés rapportés. Au Cameroun, le 1er cas a été décrit en 2000 (Moussala et al., 2000). Nous rapportons un cas de XP chez un enfant de 3 ans. Ce cas est présenté devant la rareté de l'affection et la présence des signes cutanés typiques. Notre patient a été vu à un stade sans complication majeure. Le plateau technique étant insuffisant, le cariotype n'a pu être réalisé. L'absence de traitement spécifique rend cette pathologie particulière.

## Observation

Il s'agissait d'un enfant de sexe masculin, âgé de 3 ans amené en consultation par ses parents pour des lésions dyschromiques du visage évoluant progressivement depuis l'âge de 2 ans. Notons que les signes de la

maladie ont débuté à l'âge de 6 jours par des lésions vésiculo-bulleuses du visage laissant des cicatrices dyschromiques sans facteur déclenchant clairement identifié. Ces lésions évoluaient par périodes de poussée et de rémission motivant des consultations dans différents centres de santé où des traitements symptomatiques étaient constitués d'émollients, antihistaminiques, antifongiques, antibiotiques et multivitamines. Les sérologies tréponémique (venereal disease research laboratory/Treponema pallidum haemagglutination) (VDRL/TPHA) et du virus de l'Immunodéficience Humaine (VIH), réalisées étaient toutes négatives. Ces informations étaient relevées grâce au carnet de santé du patient. A l'âge de 2 ans, les lésions bulleuses furent remplacées par une éruption maculeuse bigarrée d'apparition progressive du visage. Les lésions dermatologiques étaient associées à un prurit intermittent dans un contexte de retard psychomoteur. Les autres signes d'accompagnement étaient une photophobie et un larmolement. Aucune notion de consanguinité n'était retrouvée, ni de dermatose similaire dans la famille.

L'examen dermatologique a permis de mettre en évidence un polymorphisme lésionnel fait de macules lenticulaires et médaillons maculeux hypopigmentés associés à des macules lenticulaires hyperpigmentées, que nous avons rattaché à une poikilodermie (Figures 1 et 2).



**Figure 1** : Poikilodermie du visage, macule hyperpigmentée conjonctive bulbaire  
Source : Service de dermatologie CNHU-HKM de Cotonou



**Figure 2 :** Poikilodermie du décolleté postérieur  
Source : Service de dermatologie CNHU-HKM de Cotonou

L'ensemble se retrouvait sur les zones photoexposées. Le versant muqueux de la lèvre inférieure était le siège d'un médaillon maculeux érythémateux, croûteux. A l'examen ophtalmologique, des macules hyperpigmentées étaient observées au niveau de la conjonctive bulbaire (Figure 1). Ces signes cliniques nous ont permis de discuter un XP. Le traitement a consisté en une prise en charge psychologique, un counseling, une protection solaire et des émoullients. Le patient fût référé en ophtalmologie, neurologie et psychiatrie pour une prise en charge multidisciplinaire et perdu de vue.

Ce cas a la particularité d'avoir été diagnostiqué avant le stade de complications.

## **Discussion**

Les premières lésions cutanées chez notre patient sont survenues en période néonatale. Une étude réalisée sur une période de 14 ans a révélé des lésions initiales chez 40 patients, survenant plus tard, entre les âges de 3 mois et 4 ans avec un âge médian de 9,5 mois (Mishri Lal, 2021). Albela et al, en Malaisie, ont publié un cas de XP chez un nourrisson de 10 mois (Albela et al., 2022). L'étude d'Hassan et al, à Zanzibar a révélé au cours d'une étude sur 56 patients, une tranche d'âge allant de 6 mois à 30 ans (Hassan et al., 2023).

Après plusieurs épisodes, les lésions bulleuses font place à de petites macules hyperpigmentées hétérogènes sur les zones photoexposées (Nishigori et al., 2019). Cela suggèrerait que notre patient présente un de ces sous-types, sous réserve d'investigations appropriées (Séquençage de XPA). Comme l'ont déclaré Lehmann et al, les manifestations cliniques sont dépendantes de l'exposition solaire, du groupe de XP, de la nature de la mutation génétique aussi bien que de facteurs inconnus (Lehmann et al, 2011). L'insuffisance de

plateau technique ne nous aura pas permis de réaliser les examens paracliniques proposés par Nishigori et al. pour un diagnostic de certitude [séquençage de XPA, mesure de la MED (minimum erythema dose/dose minimale pour l'érythème), cytométrie en flux] (Nishigori et al., 2019).

Les lésions de la conjonctive bulbaire suggèrent une atteinte oculaire. Le risque majeur est une déficience visuelle pouvant inclure une cécité (Natale & Raquer, 2017).

Le diagnostic de XP chez notre patient a été posé uniquement sur la base d'arguments cliniques. Comme déclaré par Senjua et al., les cas typiques de XP se présentent par de sévères lésions cutanées incluant une importante photosensibilité, une xérose cutanée, une pigmentation anormale, des zones photoexposées ( Senjua et al., 2023).

Aucune notion de consanguinité n'était retrouvée chez les parents de notre patient. Au cours d'une étude réalisée en Algérie par Bensenouci et al., chez 19 familles présentant des cas de XP, 94,73% de consanguinité ont été enregistrés. Les analyses chez les parents ont montré qu'ils étaient porteurs hétérozygotes de la même mutation (Bensenouci et al., 2016). Cela confirme ainsi le caractère génétique du XP. Une analyse ADN chez les parents de notre patient aurait aidé au diagnostic. Il est donc important de réaliser des tests de dépistage chez les familles à risque, en particulier dans les communautés avec une fréquence élevée de mariages consanguins (Bensenouci et al., 2016).

## **Conclusion**

Le XP est présent dans nos conditions de travail mais surement sous diagnostiqué à cause de l'insuffisance du plateau technique. La clinique bien fouillée associée aux investigations permettrons de diagnostiquer plus de patients et ainsi d'instaurer une prise en charge adaptée .

## **Consentement**

L'examen du patient a été réalisé conformément aux principes de la Déclaration d'Helsinki. Les auteurs certifient avoir obtenu tous les formulaires de consentement appropriés du patient, dans lesquels ce dernier a donné son consentement pour que des images et d'autres informations cliniques soient incluses dans la revue. Le patient comprend que son nom et ses initiales ne seront pas publiés et que des efforts seront faits pour dissimuler son identité, mais que l'anonymat ne peut pas être garanti.

**Déclaration humaine :** L'étude a été approuvée par la commission de révision du Centre National Hospitalier Universitaire/Hubert Koutoukou Maga de Cotonou Service de Dermatologie-Venerologie. Les principes de la Déclaration d'Helsinki ont été respectés.

**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. Albela, H., Ngu, L.-H., & Leong, K. F. (2022). Xeroderma pigmentosum in a Malaysian child with identification of a novel homozygous nonsense mutation in XPC c.2167C>International Journal of Dermatology, 61, e320-e362.
2. Bensenouci, S., Louhibi, L., De Verneuil, H., Mahmoudi, K., & Saidi-Mehta, N. (2016). Diagnosis of Xeroderma Pigmentosum Groups A and C by Detection of Two Prevalent Mutations in West Algerian Population: A Rapid Genotyping Tool for the Frequent XPC Mutation c.1643\_1644delTG. BioMed Research International, 2016(ID 2180946). <http://dx.doi.org/10.1155/2016/2180946>
3. Gözükar, E. M., Parris C. N., Weber, C. A., Salazar, E. P., Seidman, M. M., Watkins, J. F., Prakash, L., & Kraemer, K. H. (1994). The human DNA repair gene, ERCC2 (XPD), corrects ultraviolet hypersensitivity and ultraviolet hypermutability of a shuttle vector replicated in xeroderma pigmentosum group D cells. Cancer Res., 54, 3837–3844.
4. Hassan, H. S., Said, A. K., Haji, D. I., Sabushimike, D., Semango, G., Mavura, D. (2023). Xeroderma pigmentosum: An experience from Zanzibar. International Journal of Dermatology, 62, e321–e369.
5. Hebra, F., & Kaposi, M. (1874). On diseases of the skin including exanthemata. New Sydenham Soc, 61, 252–258.
6. Lehmann, A. R., McGibbon, D., & Stefanini, M. (2011) . Xeroderma pigmentosum. . Orphanet Journal of Rare Diseases, 6,70. <http://www.ajrd.com/content/6/1/70>
7. Mishri Lal, K. (2021). Xeroderma pigmentosum in Yemen. International Journal of Dermatology, 60, 314-320.
8. Moussala, M., Behar-Cohen, F., D'Hermies, F., Bisseck, A.-C., & Renard, C.(2000). Le xeroderma pigmentosum et ses manifestations oculaires. A propos du premier cas camerounais. Journal fr. Ophtalmol, 23(3),369-374.
9. Natale, V., & Raquer, H. (2017). Xeroderma pigmentosum-Cockayne syndrome complex. Orphanet Journal of Rare Diseases, 12, 65. DOI 10.1186/s13023-017-0616-2

10. Nishigori, C., Nakano, E., Masaki, T., Ono, R., Takeuchi, S., Tsujimoto, M., & Ueda, T. (2019). Special Issue Invited Review Characteristics of Xeroderma Pigmentosum in Japan: Lessons From Two Clinical Surveys and Measures for Patient Care, *Photochemistry and Photobiology*, 95,140-153.
11. Sarasin, A., Renault, C., Blanchet-Bardon, C., Boue, J., & Dumez, Y.(1988). Le xeroderma pigmentosum; caractéristiques cliniques et cellulaires. Développement d'un test anténatal. *Médecine/sciences*, 4,608-617.
12. Senjua, C., Nakazawaa, Y., Osoa, T., Shimadaa, M., Katoa, K., Matsused, M., Tsujimotog, M., Masakig, T., Miyazakie, Y., Fukushimah, S., Tateishii, S., Utanij, A., Murotaj, H., Tanakaf, K., Mitsutaked, N., Moriwakil, S., Nishigorig, C., & Ogi, T. (2023). Deep intronic founder mutations identified in the ERCC4/XPF gene are potential therapeutic targets for a high-frequency form of xeroderma pigmentosum. *PNAS*, 120(27), e2217423120.

## Thyroidectomie dans deux Hopitaux de Reference du Niger : Indications et Resultats au Niger

### *Boka Tounga Yahouza*

Médecin résident de chirurgie générale et digestive, Service de chirurgie générale et viscérale ; hôpital national de Niamey, Niger

### *Kadi Ide*

Service de chirurgie générale et viscérale; hôpital national de Niamey, Niger

### *Saidou Adama*

Enseignante chercheuse à la faculté des sciences de la santé de Niamey (assistante) ,Service de chirurgie générale, hôpital général de référence de Niamey, Niger

### *Ille Salha*

Enseignant chercheur à la faculté des sciences de la santé de Niamey (Maitre de conférences agrégé), Service oto-rhino-laryngologie et chirurgie cervico-faciale, hôpital général de référence de Niamey, Niger

### *Hamma Younsa*

Enseignant chercheur à la faculté des sciences de la santé de Niamey (Maitre de conférences agrégé), Service de chirurgie générale, hôpital général de référence de Niamey, Niger

### *Lassey James Didier*

### *Sani Rachid*

Enseignant chercheur à la faculté des sciences de la santé de Niamey (professeur titulaire), Service de chirurgie générale, hôpital général de référence de Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p85](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p85)

Submitted: 17 February 2024

Accepted: 06 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

#### *Cite As:*

Boka T.Y., Kadi I., Saidou A., Ille S., Hamma Y., Lassey J.D. & Sani R. (2024). *Thyroidectomie dans deux Hopitaux de Reference du Niger : Indications et Resultats au Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 85. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p85>

## Résumé

**Introduction :** L'objectif de ce travail était de décrire les principales indications et résultats des thyroïdectomies dans deux hôpitaux de références du Niger.-**Patients/Méthodes :** Nous avons réalisé une étude rétrospective et

prospective sur 5 ans et 6 mois dans les services de chirurgie générale et digestive de L'Hôpital générale de référence de Niamey et de l'Hôpital national de Niamey . Elle concernait les patients des deux sexes et sans limite d'âge ayant bénéficié d'une chirurgie pour pathologie thyroïdienne pendant la période d'étude.-**Résultats** : une fréquence de thyroïdectomie de 4,18% était retrouvée soit chez 422 patients. Le sexe féminin prédominait avec un sexe ratio de 0,12 (H/F). La tranche de 32 à 47 ans était la plus concernée (46,60%). L'âge moyen était de 44,30 ans. Le goitre hétéro-multinodulaire d'âge constituait la principale indication de la thyroïdectomie (56,63%). 85,30 % des patients avaient consulté pour une tuméfaction cervicale antérieure. L'échographie avait montré une thyroïde hétérogène dans 236 cas (64,69%). Le principal acte chirurgical était la thyroïdectomie totale avec 308 cas soit 72,98%. La thyroïdectomie vidéo-assistée représentait 0,95% (4 cas) des actes chirurgicaux. En postopératoire, la principale complication était la paralysie récurrentielle avec 2,13 % (n=9) et à moyen terme c'était l'hypocalcémie avec 1,18 % (n=5). Les résultats d'anatomie pathologie avait confirmé qu'il s'agissait d'une pathologie bénigne dans plus de la majorité des cas (55,21%, N=233). Aucun décès n'avait été enregistré pendant la période d'étude.  
**Conclusion** :-La pathologie thyroïdienne est fréquente, le geste chirurgical le plus réalisé est la thyroïdectomie totale et il existe peu de complications.

---

**Mots-clés:** Thyroïdectomie totale, Goitre multinodulaire, carcinome papillaire de la thyroïde, Hôpital général de référence de Niamey, Hôpital National Niamey

---

## Thyroidectomy in Two Reference Hospitals in Niger : Indications and Outcomes

### *Boka Tounga Yahouza*

Médecin résident de chirurgie générale et digestive, Service de chirurgie générale et viscérale ; hôpital national de Niamey, Niger

### *Kadi Ide*

Service de chirurgie générale et viscérale; hôpital national de Niamey, Niger

### *Saidou Adama*

Enseignante chercheuse à la faculté des sciences de la santé de Niamey (assistante) ,Service de chirurgie générale, hôpital général de référence de Niamey, Niger

### *Ille Salha*

Enseignant chercheur à la faculté des sciences de la santé de Niamey (Maitre de conférences agrégé), Service oto-rhino-laryngologie et chirurgie cervico-faciale, hôpital général de référence de Niamey, Niger

### *Hamma Younsa*

Enseignant chercheur à la faculté des sciences de la santé de Niamey (Maitre de conférences agrégé), Service de chirurgie générale, hôpital général de référence de Niamey, Niger

### *Lassey James Didier*

### *Sani Rachid*

Enseignant chercheur à la faculté des sciences de la santé de Niamey (professeur titulaire), Service de chirurgie générale, hôpital général de référence de Niamey, Niger

---

### Abstract

**Introduction:** This report outlines the main indications and results of thyroidectomy at the General Reference Hospital and National Hospital. **Methods:** We conducted a cross-sectional study spanning over 5 years and 6 months, involving 422 cases from the General and Digestive Surgery Departments of both the Niamey General Reference Hospital and the Niamey National Hospital. The study included patients of both sexes, without age limits, who underwent surgery for thyroid pathology during our study period. **Results:** the frequency of thyroidectomy was 4.18%. Females predominated with a sex ratio of 0.12 the rapport H/F and the average age group 32-47 years. Mean age of 44.30 years. Heteromultinodular goiter was the main indication for thyroid surgery (56.63%), in our series. 85.30% of patients had consulted for anterior cervical swelling. The main surgical procedure was total thyroidectomy with 308 cases or 72.98%. Video-assisted thyroidectomy represented 0.95% of the surgical procedures. The recurrent laryngeal nerve

was dissected and seen in 381 cases or 90,28%. In the immediate postoperative period, the main complication was dysphonia with 2.13% (n=9) and in the médium term, it was hypocalcemia with 7.34% (n=31). Anatomical pathology results confirmed that it was a benign pathology in the majority of cases (55.21%). No deaths had been recorded. **Conclusion:** Thyroid pathology is common; the most performed procedure is total thyroidectomy. The main complications recorded were dominated by recurrent paralysis, compressive hematoma, and transient hypocalcemia. the most common malignant tumor was the papillary carcinoma

---

**Keywords:** Total thyroidectomy, Heteromultinodular goiter, RGH, HNN, papillary carcinoma

## Introduction

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, la prévalence les pathologies thyroïdiennes touche 5% de la pathologie générale, les femmes sont plus touchées que les hommes (OMS 2005). La chirurgie de la glande thyroïde est actuellement bien codifiée et maîtrisée. La chirurgie thyroïdienne prend une place privilégiée dans le traitement de multiples pathologies thyroïdiennes. Ces indications vont du goitre simple aux goitres nodulaires avec des répercussions endocriniennes ne répondant pas au traitement médical, les goitres nodulaires avec signes de compressions, les cancers thyroïdiens, le goitre plongeant intra thoracique (JIHAD R, 2016). Sa pratique aisée nécessite une bonne connaissance de l'anatomie cervicale, une maîtrise de la dissection et une bonne expérience des chirurgiens. Bien que de pratique courante en chirurgie cervicale, elle n'est pas dénuée de risques et de complications principalement nerveuses (paralysie récurrentielle), vasculaires (hématome compressif) et endocriniennes (hypoparathyroïdie) Djafarou A et al(Decembre 2022). La chirurgie thyroïdienne prend une place privilégiée dans le traitement de multiples pathologies thyroïdiennes. L'objectif de ce travail était de décrire les principales indications et résultats des thyroïdectomies à l'Hôpital National et l'Hôpital Général de Référence de Niamey (les hôpitaux sahéliens).

## Méthodes

Il s'agissait d'une étude descriptive transversale bi centrique allant du 1er janvier 2017 au 30 juin 2022 soit une période de 5 ans 6 mois. Elle a concerné tous les patients opérés pour pathologie thyroïdienne (thyroïdectomie) au sein des services de chirurgie viscérale et générale de l'hôpital National de Niamey et de l'hôpital Général de Référence de Niamey. Etaient inclus dans notre étude, les patients des deux sexes et sans limite d'âge ayant bénéficié d'une thyroïdectomie dans les services de chirurgie viscérale

et générale de l'Hôpital National et de l'Hôpital Général de Référence de Niamey durant la période d'étude. Etaient non inclus dans notre étude tous les patients admis en dehors de la période de notre étude, les patients opérés pour les autres pathologies et les dossiers incomplets. Pour chaque patient, les variables étudiés étaient ceux en rapport avec : Les aspects épidémiologiques (fréquence, sexe et âge) et thérapeutiques (indications opératoires, types de thyroïdectomie, les suites opératoires et le résultat histologique de la pièce opératoire). Les données recueillies ont été saisies et analysées avec le logiciel EPI Info version 7.2.2.6. Les logiciels Microsoft office 2016 (Word et Excel) ont été utilisés pour la saisie des textes et la confection des tableaux. Pour la réalisation de notre étude nous avons obtenue au préalable une autorisations du doyen de la faculté des science et de santé, des Directeurs Generaux des deux hôpitaux (HGR/HNN), des chefs services chirurgies générale et digestive, ensuite le respect de la vie humaine a été observé grâce à une confidentialité des résultats.

## Résultats

Aspects épidémiologiques: durant la période d'étude nous avons enregistré 10073 actes chirurgicaux réalisés dont 422 concernant la thyroïdectomie soit une fréquence de 4,18% (422/10073). La médiane d'âge de nos patients était de 44,30 ans, extrêmes 16 ans et 72 ans. La tranche d'âge de 30ans à 45 ans était les plus représentée soit 195 cas et une fréquence de 46,20%.

**Tableau I** :Répartition des patients selon les tranches d'âge (en année).

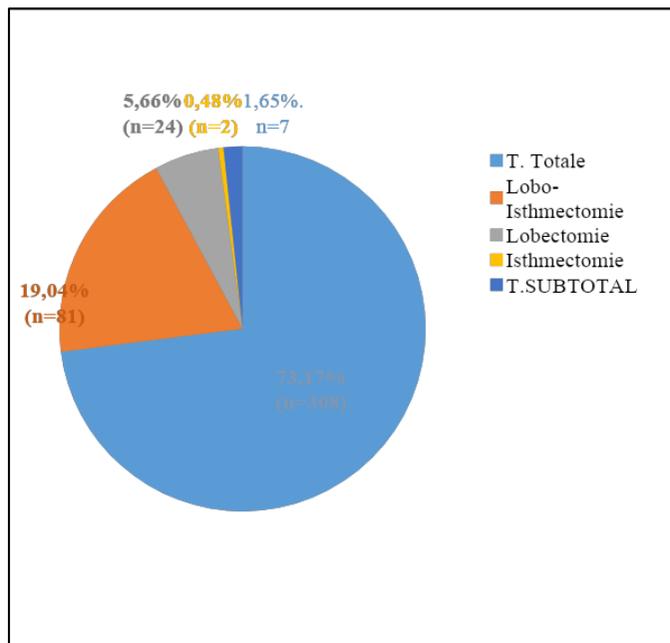
	Effectif	Pourcentage
0- 30 ans	61	14 ,45
30 - 45 ans	195	46,20
45 - 60 ans	124	29,38
≥ 60 ans	42	9,95
<b>Total</b>	<b>422</b>	<b>100</b>

On notait 374 femmes soit 88 ,63% et une sex-ratio 0,12(48/374). Les patients provenant de la communauté urbaine de Niamey étaient les plus représenté avec 52,60% (N=222). Sur les 304 patients ayant renseigné la profession,Les sans-emploi étaient les plus représentés avec fréquence 46,56% (N= 199).

**Tableau II: Répartition des patients selon la profession**

	Effectif	Pourcentage
Tailleur	4	0,94
Étudiant	13	3,08
Agent de santé	14	3,31
Fonctionnaire	17	4,03
Commerçant	23	5,45
Enseignant	34	8,05
Sans-emploi	199	47,15
ND	118	27,96
Total	422	100

ND: Non Documenté



**Figure 1 :** Répartition des actes chirurgicaux effectués

Le goitre familial était l'antécédent médical le plus retrouvé avec 7,34% (N= 31). Les principaux antécédents chirurgicaux étaient la césarienne dans 48 cas soit une fréquence de 11,37 %.

**Tableau III : Répartition des patients selon les antécédents chirurgicaux**

	Effectif	Pourcentage
Ostéosynthèse	1	0,23
Cure prolapsus	1	0,23
Cure de cataracte	2	0,47
Cure hernie	5	1,18
Kystectomie ovarienne	6	1,42
Biopsie thyroïdienne	8	1,89
Hystérectomie	8	1,89
Myomectomie	10	2,36
Appendicectomie	10	2,36
Thyroïdectomie	19	4,50
Césarienne	48	11,37

Aspect diagnostique :

Les principaux motifs de consultation sont représentés dans le tableau IV.

**Tableau IV: Répartition des patients selon les motifs de consultation**

	Effectif	Pourcentage
Signes d'hypothyroïdie	5	1,18
Signes de compression	19	4,50
Signes d'hyperthyroïdie	30	7,11
Tuméfaction cervicale		
antérieure	360	85,31
Non précisé	8	1,90

Le goitre multi-nodulaire était majoritaire avec 239 cas soit une fréquence de 56,63 %. L'échographie était le bilan d'imagerie la plus réalisé avec 273 cas soit une fréquence de 64,69%.

Aspect thérapeutique :

L'indication opératoire (tableau V) était majoritairement posée devant un goitre multinodulaire avec une fréquence de 56,63 % (N=239).

**Tableau V: Répartition des patients selon les techniques chirurgicales et les indications opératoires**

	Indication	Effectifs	Pourcentage
<b>Thyroïdectomie totale</b>	GMHN	210	49,80
	Maladie de Basedow	70	16,60
	Goitre suspecté de malignité	8	1,89
	Gros goitre	5	1,18
	Goitre plongeant	8	1,89
	Néoplasme vésiculaire	7	1,65
<b>Lobo Isthmectomie</b>	Nodule thyroïdien	51	12,08

	GMHN	23	5,45
	Récidive	5	1,18
	Cancer larynx	2	0,47
<b>Lobectomie</b>	Nodule thyroïdien	10	2,37
	Récidive	9	2,14
	Gros goitre	3	0,71
	Totalisation pour cancer	2	0,47
<b>Thyroïdectomie subtotale</b>	GMHN	7	1,65
<b>Isthmectomie</b>	Nodule isthmique	2	0,47
<b>Total</b>		<b>422</b>	<b>100</b>

Tous nos patients étaient opérés sous anesthésie générale plus intubation orotrachéale. Voie d'abord : La cervicotomie transversale (type Kocher) était la voie d'abord la plus utilisée dans 97,20% ,rare par voie video assistée un mini abord cervical (figure1). Les gestes : Les 422 actes chirurgicaux effectués: La thyroïdectomie totale avait été le geste chirurgical le plus représenté. et quelques pieces operatoires (figures 2,3 et 4).

La thyroïdectomie totale avait été le geste chirurgical le plus représenté.

Les glandes parathyroïdes étaient conservées dans 65,88% et réimplantés dans 0,71%. L'examen histologique a été réalisé systématiquement chez tous les patients mais les résultats n'ont été disponibles que pour 256 patients soit 60,66%, la pathologie maligne représentait 5,18%.

#### Suites opératoires

Les suites opératoires étaient simples chez 95,26% de nos patients soit n=402.

**Tableau VI:** Répartition des patients selon les complications

Complication	Effectif	Pourcentage (%)
Hypocalcémie transitoire	5	1,18
Hématome compressif	6	1,42
Paralysie récurrentielle (Transitoire)	9	2,13
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>4,73</b>

Les complications postopératoires sont dominées par les paralysies récurrentielles. Le grade II était le plus représenté avec 14 cas soit 3,31%.



**Figure 2:** Pièce de thyroïdectomie vidéo assistée( noir) avec un mini abord cervical( bleu)  
(Image HGR)



**Figure 3:** En cours de lobectomie droite (bleu), isthme et lobe gauche normaux et préservés,  
patiente A (image HGR)



**Figure 4:** Nerf laryngé récurrent (bleu) en arrière du pédicule vasculaire(noir)  
(HNN service de chirurgie Générale)



**Figure 5:** Pièce opératoire après une thyroïdectomie totale :lobe droit( bleu) ;lobe gauche( noir) et l'isthme(violet) ; ( HNN service de chirurgie générale A)

## Discussion

L'endémie goitreuse est la première endémie mondiale. La fréquence mondiale du goitre était estimée environ à 15,80% en 2005 par Anderson m et al . La chirurgie thyroïdienne occupe une place non négligeable. Durant notre étude, 10073 patients étaient opérés dans nos centres dont 422 présentaient un goitre soit 4,18%. Dans notre série la moyenne d'âge était de 44,3 ans avec des extrêmes allant de 16 ans à 72ans, la tranche d'âge allant de 31-45 ans était la plus touchée et avait représenté 45,80%. Nos résultats sont similaires à la plupart des auteurs (M Gaoussou M,2022),(kocou A A,2022),(Ouologuem H,2022) et (Saif G el al decembre 2022) avec une moyenne d'âge inférieure à 50 ans. Les études réalisées en Afrique et dans le monde avaient démontré que les pathologies thyroïdiennes étaient plus fréquemment retrouvées chez les sujets jeunes âgés de 30 à 40 ans. Ainsi, les tumeurs thyroïdiennes peuvent survenir à tout âge, mais elles semblent être l'apanage de l'adulte jeune de sexe féminin le plus souvent (Saif G el al decembre 2022). Nous rapportons également une prédominance féminine avec 88,63% ; elle a fait l'unanimité dans plusieurs travaux comme cité (Saif G el al decembre 2022) ,(Spanknebel K, et al,2005), (Brenet E et al. 2017) et (Baldé D et al 2020) . Bien que le Niger et particulièrement la région de Niamey ne soit pas une région montagneuse ou on une fréquence élevée de cette maladie, nous notons néanmoins plusieurs cas de goitre. Ainsi, plus de la moitié de nos patients (52,75%) venaient de la région de Niamey. Ces chiffres sont similaires à ceux de Bakou Owadon Gbinmigan (BAKOU O. G, 2023) avec 53,84 % pour la région de Niamey. Ce taux élevé des patients s'explique par le fait que ses études ont été faites à Niamey mais aussi par le fait que les autres régions du Niger sont actuellement dotées de ressources humaines à savoir des chirurgiens et aides chirurgiens et par conséquent les hôpitaux des régions du Niger sont devenus autonomes dans la prise en charge chirurgicale de la thyroïde. Le motif de consultation le plus fréquent dans notre série était la tuméfaction cervicale antérieure. Nos données corroborent ceux de la littérature (Brenet E et al. 2017) et (Baldé D et al 2020). Dans notre série l'indication opératoire était portée dans 239 cas pour goitre multihétéronodulaire soit 56,68%. Cette même prédominance a été observé par N. Romdhane et al en 2023 en Tunisie par Tamer Eid Fouda et al et en Egypte en 2023 qui avaient respectivement retrouvé 60% et 93%. Les indications de la thyroïdectomie varient donc d'un pays à un autre. L'examen histologique peut trouver tous les aspects de transition entre la simple hyperplasie, l'adénome, le cancer différencié et le cancer anaplasique. L'examen microscopique sur la pièce opératoire permet de confirmer les paramètres évalués sur les biopsies, les diagnostics effectués en extemporané ainsi que les données de la macroscopie. C'est un examen capital qui permet à lui seul la certitude diagnostique (Francis Bonet, 2018). L'examen

histologique a été demandé systématiquement chez tous les patients. Nous avons observé 55,20% de goitres bénins et 5,18% de cancers, ce qui est similaire aux résultats d'autres auteurs (Francis Bonet, 2018);( KeïtaA, et al ,2018); (Odzili IFA, et al 2014 ).Ce qui démontre que la pathologie thyroïdienne est une pathologie nettement bénigne. L'anesthésie générale (AG) avec intubation trachéale et ventilation contrôlée est la règle. Certains utilisent le masque laryngé en ventilation spontanée afin de visualiser en peropératoire par fibroscopie la mobilité des cordes lors de la dissection des nerfs récurrents (Spanknebel K, Chabot JA, DiGiorgi M en 2005).. L'exérèse thyroïdienne peut être effectuée sous anesthésie locorégionale (ALR). Récemment, une équipe américaine avait rapporté une série de plus de 1 000 thyroïdectomies réalisées sous anesthésie locale du champ opératoire et bloc du plexus cervical superficiel ( KeïtaA, et al ,2018). La réalisation d'un bloc du plexus cervical superficiel après l'induction s'accompagne d'une diminution de la consommation peropératoire en morphiniques et d'une meilleure qualité d'analgésie postopératoire( KeïtaA, et al ,2018). Dans notre série, la totalité de nos patients avaient bénéficié d'une anesthésie générale, comme beaucoup d'autres auteurs ( KeïtaA, et al ,2018), (Odzili IFA, et al 2014), (Illé S, et al 2017), (Tabchouri N al 2018),(Francis Bonet 2018 ). Dans notre étude la thyroïdectomie totale représentait la méthode de choix avec 308 cas soit 73,17%, nos résultats sont semblables à ceux de Hanxing Sun en Chine en 2023 ; M.Gaoussou MAKADJI au Mali en 2022 qui avaient retrouvé respectivement 75% et 56,7%(Hanxing Sun, Hui Tong, Xiaohui Shen and al, 07.02.2023);(M. Gaoussou MAKADJI ,2022).

Les avantages de la loboisthmectomie sont l'inutilité d'une hormonothérapie substitutive ainsi que le taux bas de complications postopératoires récurrentielles et parathyroïdiennes, en revanche elle expose au risque de récurrence tant que les mécanismes de goitrigènes ne seront pas connus et cela impose une surveillance rigoureuse(Tabchouri N al 2018). Elle est réalisée en cas de nodule unilatéral chez des patients dont la cytoponction et l'examen histologique en préopératoire avaient éliminé l'existence de cellules malignes. La Thyroïdectomie totale est aujourd'hui une recommandation afin d'éviter les récurrences. La technique utilisée par la majorité des auteurs Africains est la thyroïdectomie par incision de Kocher et détection visuelle du nerf récurrent. Dans notre série la voie d'abord type Kocher était utilisée dans 97,20%. Lorsqu'un curage cervical était prévu, la voie d'abord dépendait du chirurgien ainsi l'incision bimastoidienne a été réalisée chez 8 patients soit 1,86% ; la voie endoscopique par technique vidéo-assistée était utilisée chez 4 patients soit 0,95%. Cette chirurgie mini-invasive, chez des patients bien sélectionnés démontre clairement d'excellents résultats en termes de taux de guérison et de confort des patients, avec une durée d'hospitalisation plus courte, une réduction des douleurs postopératoires et des

résultats esthétiques des plus attrayants (Tabchouri N et, 2018) . Dans plusieurs séries africaines, la thyroïdectomie par chirurgie vidéo-assistée était nulle (Francis Bonet 2018 ), (Hanxing Sun, Hui Tong, Xiaohui Shen and al, 07.02.2023) elle est peu pratiquée en Afrique, notre série comporte la première thyroïdectomie vidéo-assistée du Niger. Les suites-opératoires étaient simples dans 95,26% des cas et compliquées dans 4,73% des cas. Les complications immédiates étaient dominées par la paralysie récurrentielle dans 9 cas (2,13%). La paralysie récurrentielle (PR) au cours d'une thyroïdectomie est faible mais pas nulle. L'atteinte unilatérale provoque une dysphonie ou voix bitonale par paralysie laryngée avec immobilité de la corde vocale. Il s'y associe fréquemment une dyspnée haute et des troubles de la déglutition, notamment aux liquides. Les PR bilatéraux peuvent être dramatiques, responsables de dyspnée aiguë pouvant mettre en jeu le pronostic vital. Il était plus élevé (5,70 %) en cas de tumeur maligne, avec des variations en fonction du type de cancer (Tabchouri N al 2018). Ces résultats sont partagés par certains auteurs africains dont ( Pomale F et al. 2017). 3,70% et Baldé D et al. (Tabchouri N et, 2018) avec 1,8%. Dans notre série, nous avons noté 6 cas d'hématome compressif soit 1,42% de nos thyroïdectomies. La prévention de l'hypocalcémie repose sur la préservation des glandes parathyroïdes et de leurs pédicules vasculaires. Dans notre série l'étude des comptes rendus opératoires des 422 interventions chirurgicales sur la glande thyroïde n'avait permis d'étudier le comportement de l'opérateur vis-à-vis des glandes parathyroïdes que dans 281 cas. La survenue d'hypocalcémie post-opératoire peut être attribuée à plusieurs facteurs, dont les caractéristiques du patient, le geste chirurgical et le profil du chirurgien. Les taux varient respectivement entre 19% et 38% et 0% et 3% selon une méta-analyse publié (Francis Bonet 2018 ). Elle prolonge souvent l'hospitalisation afin de dépister et de traiter une crise de tétanie, la majorité de ces hypocalcémies sont transitoires et récupèrent spontanément. Un contrôle de la calcémie est toujours réalisé à J3 avant ou après la sortie du patient. Le reste du contrôle se fera à titre externe à J7 et à J14 avec une consultation chirurgicale. Après J14 le patient est ré orienté en consultation en endocrinologie qui poursuivra la prise en charge. La fréquence de l'hypoparathyroïdie est variable et dépend de chaque auteur. En effet, les séries étudiées n'ont pas la même composition et les gestes chirurgicaux varient également selon les équipes. Ainsi dans notre série nous avons retrouvé 1,18 % d'hypocalcémie transitoire et mis sous calcium associé ou non à la vitamine D, l'association du calcium à la vitamine D est variable d'un chirurgien à un autre. Notre résultat est inférieur à celui de Bakou Owadun Gbinmigan au Niger en 2023 avec 8,79% (BAKOU O. G, 2023).

## Conclusion

Les thyroïdectomies sont des réalisations fréquentes à l'HNN et à HGR de Niamey. Elles sont plus réalisées chez le sujet adulte de sexe féminin. L'indication opératoire la plus fréquente est le goitre multi nodulaire. Le geste chirurgical le plus réalisé est la thyroïdectomie totale. Les principales complications enregistrées étaient dominées par la paralysie récurrentielle, suivie de l'hématome compressif et l'hypocalcémie transitoire. Les suites opératoires étaient simples en majorité.

**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 le doyen de la faculté des sciences de la santé de l'hôpital national de Niamey, au Niger, et les principes de la déclaration d'Helsinki ont été respectés.

## References:

1. OMS (2005): Posologie Annuelle En Accord Avec Les Dernières Recommandations Des Experts De L'OMS/UNICEF.
2. Jihad R (2016); Les goîtres chirurgicaux (à propos de 300 cas). [Thèse]. Maroc : Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Faculté de médecine et de pharmacie FES. n°145/16, p146.
3. Djafarou AB, Boubacar M, Djangnikpo ML, Soumaïla AI, Bacharou AH, Salha I ( DECEMBER 2022). La Thyroïdectomie au Service d'Oto-Rhino-Laryngologie de l'Hôpital Général de Référence de Niamey : Indications, Techniques et Résultats Health Sci. Dis : Vol 23 (12)pp 80-83.
4. Anderson M, Takouche B, Egli I, Allen H (2005). Current global iodine status and progress over the last decade towards the elimination of iodine deficiency. Bulletin of the World Health Organization ; 83(7): 518-25
5. M. Gaoussou MAKADJI (2022) : aspect épidémiologique, clinique et thérapeutique des goîtres hyperthyroïdiens dans le service de chirurgie générale au centre hospitalier universitaire Pr Bocar Sidy Sall de Kati, thèse de médecine ; faculté d'odonto-stomatologie de Bamako ; Mali
6. KOCOU AGALATI (NIGER; 2022): Thyroïdectomie au service d'Oto-Rhino-Laryngologie et Chirurgie Cervico-Faciale de l'Hôpital

- Général de Référence de Niamey : Indications, techniques et résultats (Expérience de 3 ans) Etude retro-prospective à propos de 53 cas thèse de doctorat médecine.
7. Dr Ouologuem Hama (2022): thyroïdectomies indication et résultats de 15 ans de pratique dans le service de chirurgie A du CHU de point G Diplôme d'étude spécialisée en chirurgie générale faculté de médecine et d'Odonto-Stomatologie de Bamako.
  8. Saif Ghabisha, Faycal Ahamed, Qassem Alyhari, Saleh Al-wageeh, Menaar Djenah et col (Decembre 2022): characteristics of patients undergoing thyroidecto, y in a resource limited setting in Ibb city of Yemen: a retrosocective monocentric study; pan afr med j:43:213.
  9. Spanknebel K, Chabot JA, DiGiorgi M (2005). Thyroidectomy using local anesthesia: a report of 1,025 cases over 16 years. J Am Coll Surg; 201(3) : 375–385.
  10. Brenet E, Dubernard X, Mérol J.C, Louges M.A, Labrousse M, Makieieff (2017). Evaluation et la prise en charge des goitres cervicomédiastinaux. Annales françaises d'oto-rhino-laryngologie et de pathologie cervico-faciale ; 134 :391-395.
  11. Baldé D, Alexis DZ, Ciré N, Wassi A, Bernadette VY (2020). Chirurgie Thyroïdienne en Milieu Rural Sénégalais : Bilan de 60 Mois. Health Sci. Dis;22(4) :30-4.
  12. BAKOU O. G, 2023 : résultats des thyroïdectomies dans les services de Chirurgie générale et digestive et service d'oto rhinolaryngologie et chirurgie cervico faciale de l'Hopital general de reference ; étude retro prospective sur 4 ans 6 mois thèse de doctorat médecine (NIGER).
  13. N. Romdhane, D.Chiboub, E.Rejeb, Abdellaoui N, S.Nefzaoui et al (2022) : goitre plongeant ;particularités cliniques et herapeutique ; article original Tunisie:j.TUN ORL :numéro 47. Page 35-40.
  14. Tamer Eid Fouda, Tarek Mohsen, Ahmed Sultan(2023): mediastnal goiter from the view of thoracic surgery,The Egyptian journal of hospital medicine ; .
  15. Francis Bonet (2018): Attention aux hématomes cervicaux après chirurgie de la thyroïde. Le praticien en anesthésie en réanimation ; 22, 41-43.
  16. Keïta A, Diallo AO, Fofana M, Diallo MMR, Diallo I, Keïta M et al (2018). Thyroidectomy And Review of Litterature : about 60 cases at DONKA. National Hospital. International Journal of Development Research;08(03):19602-6.
  17. Odzili IFA, Guimbi MKC, GF Otiobanda, F Bissiko, G Ondzotto (2014 ). Les complications de la chirurgie thyroïdienne au CHu de Brazaville : À propos de 87 cas. Revue Africaine de Chirurgie et spécialités 7(1) :19-23.

18. Illé S, James Didier L, Saidou A, Timi N, Sani R (2017). Résultats de 5 ans de thyroïdectomie au service d'ORL et CCF de l'Hôpital National de Niamey au Niger. *European Scientific Journal*;13(21) :1857-7881.
19. Tabchouri N, Anil Z, Marques F, Michot N, Dumont P, Arnault V, De Calan L (2018) : Morbidité de la thyroïdectomie totale pour goitre plongeant : série de 70 patients. *Journal de chirurgie Viscérale*. (2018) ; 155 : 10-15.
20. De Calan L : Morbidité de la thyroïdectomie totale pour goitre plongeant : série de 70 patients. *Journal de chirurgie Viscérale*. 155 : 10-15.
21. Francis Bonet (2018 ) : Attention aux hématomes cervicaux après chirurgie de la thyroïde. *Le praticien en anesthésie en réanimation*. 22, 41-43.
22. Hanxing Sun, Hui Tong, Xiaohui Shen and Col (07.02.2023):: Outcomes of surgical treatment for graves disease H Single-Center Experience of 216 cases *journal of clinical medicine* 12(4) :1308.
23. Tabchouri N, Anil Z, Marques F, Michot N, Dumont P, Arnault V, De Calan L (2018) : Morbidité de la thyroïdectomie totale pour goitre plongeant : série de 70 patients. *Journal de chirurgie Viscérale*. 155 : 10-15
24. Poumale F, Doui AD, Nghario L, Mapouka PA, Malendoma JR, Kossinda F et al (2017). La Chirurgie Thyroïdienne à Bangui : Indications et Suites Opératoires à Propos de 135 Cas. (*Health Sci. Dis* 2017) ; 18(4) : 1-5.

## **Rage par morsure de chien dans le département du plateau (République du Bénin) : étude Connaissances Attitudes et Pratiques en communauté et chez les agents de santé**

***Agossoukpe Benoît Sedegnon***

Unité de santé publique, Faculté des Sciences de la santé,  
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou. Société Béninoise d'Hygiène  
Hospitalière, de prévention et contrôle des infections

***Wanvoegbe Finagnon Armand***

Service de médecine interne, Faculté des Sciences de la santé,  
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou

***Barikissou Damien Georgia***

Unité de santé publique, Faculté des Sciences de la santé,  
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou Bénin

***Tokpanoude Coovi Nonwanou Ignace***

***Djossou Elvire Sègnon Eurydice***

Unité de santé publique, Faculté des Sciences de la santé,  
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou Bénin  
Association des médecins communautaires du Bénin  
Société Béninoise d'Hygiène Hospitalière, de prévention et contrôle des  
infections

***Laly Gilchrist Mègnissè Orphé***

Institut Régional de Santé Publique Comlan Alfred Quenum (IRSP-CAQ),  
Ouidah, Bénin

***Adégbola Phinéés***

Ecole Nationale des Techniciens en Santé Publique et Epidémiologie,  
Université de Parakou, Bénin

***Gnonlonfoun Tagnon Gautier Raphaël***

ITM Antwerp Alumni (Institute of tropical medicine of Antwerp),  
Anvers, Belgique

***Aguemon Badirou***

Unité de santé publique, Faculté des Sciences de la santé,  
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou Bénin

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p101](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p101)

Submitted: 17 February 2024

Accepted: 16 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Agossoukpe B.S., Wanvoegbe F.A., Barikissou D.G., Tokpanoude C.N.I., Djossou E.S.E., Laly G.M.O., Adégbola P., Gnonlonfoun T.G.R. & Aguemon B. (2024). *Rage par morsure de chien dans le département du plateau (République du Bénin) : étude Connaissances Attitudes et Pratiques en communauté et chez les agents de santé*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 101. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p101>

---

## Résumé

**Introduction :** La prise en charge de l'exposition à la rage par morsure de chien est une charge financière pour les familles des victimes malgré l'importance de la prophylaxie post-exposition pour prévenir l'infection. L'objectif était d'évaluer les connaissances, les attitudes et les pratiques de la population du département du Plateau en matière de prévention de la rage humaine. **Méthode :** La présente étude est transversale et porte sur 900 répondants âgés d'au moins 18 ans et vivant dans le département du Plateau (République du Bénin) depuis au moins six mois. Pour une meilleure compréhension du problème, nous avons utilisé une approche mixte. L'approche quantitative centrée sur la communauté a permis d'évaluer les connaissances, les attitudes et les pratiques de la population en matière de prévention de la rage humaine. Il s'agissait d'un échantillonnage aléatoire en grappe à trois degrés. L'unité de cluster était représentée par un district/village et l'étude comprenait 30 clusters. Chaque sujet a été interrogé individuellement. Un questionnaire pré-testé, validé et intégré dans l'application KoboCollecttoolbox a servi d'outil de collecte. Les données ont été analysées avec le logiciel R 4.3.1. La méthode qualitative a permis à l'investigateur principal, en utilisant une approche phénoménologique, d'approfondir l'étude afin d'identifier les défis actuels et les opportunités d'amélioration pour renforcer les stratégies de lutte contre la rage humaine. Des entretiens approfondis ont eu lieu avec chacun des 37 membres du personnel. Un guide d'entretien a servi d'outil de collecte. La méthode Gorgi a été utilisée pour analyser les données. **Résultats :** L'âge moyen des sujets de l'étude était de  $40,24 \pm 14,52$  ans avec un sex-ratio (homme/femme) de 1,11. Selon les enquêtés, la rage humaine est une maladie transmise du chien à l'homme (68,22%) ou induite par la sorcellerie (9,44%). Parmi les personnes interrogées, 69,67% reconnaissent la rage comme étant transmise à l'homme par les morsures de chien, les griffures (14,56%) et le léchage (8,67%). De même, les moyens de prévention de la rage humaine cités sont la vaccination canine (49,89%), l'élimination des chiens errants (21,89%) et la vaccination post-exposition de l'homme (7,33%). Les voies thérapeutiques mentionnées en cas de morsure de chien étaient : le recours au centre de santé (37%), au tradipraticien (26,11%), au centre de santé en cas d'échec du tradipraticien (23,67%) et les soins à domicile (13,22%). **Conclusion :** Cette étude suggère la nécessité de sensibiliser les populations sur les risques de morsures de

chiens dans le département du Plateau et de mettre en place des stratégies de surveillance pour le contrôle et l'éradication de la rage par la mise en œuvre de l'approche One Health.

---

**Mots-clés:** Rage, connaissances, attitudes et pratiques, morsures de chien, Bénin

---

**Dog bite rabies in the Plateau department (Benin Republic) :  
a study of knowledge, skills and practices in the community  
and among health workers**

*Agossoukpe Benoît Sedegnon*

Unité de santé publique, Faculté des Sciences de la santé,  
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou. Société Béninoise d'Hygiène  
Hospitalière, de prévention et contrôle des infections

*Wanvoegbe Finagnon Armand*

Service de médecine interne, Faculté des Sciences de la santé,  
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou

*Barikissou Damien Georgia*

Unité de santé publique, Faculté des Sciences de la santé,  
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou Bénin

*Tokpanoude Coovi Nonwanou Ignace*

*Djossou Elvire Sègnon Eurydice*

Unité de santé publique, Faculté des Sciences de la santé,  
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou Bénin  
Association des médecins communautaires du Bénin  
Société Béninoise d'Hygiène Hospitalière, de prévention et contrôle des  
infections

*Laly Gilchrist Mègnissè Orphé*

Institut Régional de Santé Publique Comlan Alfred Quenum (IRSP-CAQ),  
Ouidah, Bénin

*Adégbola Phinées*

Ecole Nationale des Techniciens en Santé Publique et Epidémiologie,  
Université de Parakou, Bénin

*Gnonlonfoun Tagnon Gautier Raphaël*

ITM Antwerp Alumni (Institute of tropical medicine of Antwerp),  
Anvers, Belgique

*Aguemon Badirou*

Unité de santé publique, Faculté des Sciences de la santé,  
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou Bénin

---

## Abstract

**Introduction:** Managing exposure to rabies via dog bite is a financial burden for victims' families despite the importance of post-exposure prophylaxis to prevent infection. The objective was to evaluate the knowledge, attitudes and practices of the population of the Plateau department in the prevention of human rabies. **Methods:** The present study was cross-sectional, and involved 900 respondents aged at least 18 years living in the Plateau department (Benin Republic) for at least six months. For a better understanding of the problem we used a mixed approach. The quantitative approach focused on the community allowed us to evaluate the knowledge, attitudes and practices of the population in the prevention of human rabies. This was a three-stage cluster random sampling. The cluster unit was represented by a district/village and the study included 30 clusters. An individual interview was done with each subject. A pre-tested questionnaire, validated and incorporated into the KoboCollecttoolbox application served as a collection tool. The data were analyzed with R 4.3.1 software. The qualitative method allowed the principal investigator, using a phenomenological approach, to deepen the study in order to identify current challenges and opportunities for improvement to strengthen strategies to combat human rabies. In-depth interviews took place with each of the 37 staff. An interview guide served as collection tools. The Gorgi method was used to analyze the data. **Results:** The average age of the study subjects was  $40.24 \pm 14.52$  years with a sex ratio (Male/Female) of 1.11. According to the respondents, human rabies is a disease transmitted from dogs to humans (68.22%) or induced by witchcraft (9.44%). Of those surveyed, 69.67% recognized rabies as transmitted to humans via dog bites, scratches (14.56%) and licking (8.67%). Likewise, the means of preventing human rabies mentioned were canine vaccination (49.89%), the culling of stray dogs (21.89%) and post-exposure vaccination of humans (7.33%). The therapeutic routes mentioned in the event of a dog bite were: recourse to the health center (37%), to the traditional practitioner (26.11%), to the health center in the event of failure of the traditional practitioner (23.67%) and home care (13.22%). **Conclusion:** This study suggests the need to raise awareness among populations about the risks of dog bites in the Plateau department and to implement surveillance strategies for the control and eradication of rabies through the implementation of the One Health approach.

---

**Keywords:** Rage, knowledge, attitudes and practices, dog bites, Benin

## Introduction

La rage, une zoonose virale, est l'une des maladies tropicales négligées qui touche principalement les populations pauvres et vulnérables (WHO, 2016, 2020). Elle est présente sur tous les continents, à l'exception de l'Antarctique (WHO, 2018, 2021). Le poids de la maladie est supporté essentiellement par l'Afrique et l'Asie où le chien est le principal vecteur de transmission à l'homme ; il est responsable jusqu'à 99 % de toutes les transmissions de la rage à l'homme. Sur ces deux continents, plus de trois (03) milliards de personnes sont potentiellement exposées à la rage. Dans le monde, près de 60 000 personnes meurent encore chaque année de cette maladie (WHO, 2021). Avec un taux de létalité approchant les 100 %, les décès dus à la rage sont rarement signalés en Afrique plus particulièrement en République du Bénin (Fooks et al., 2014).

Au Bénin, la rage est endémique. Bien qu'étant inscrite parmi les maladies à déclaration obligatoire (décret n° 2005-637 du 13 octobre 2005), elle reste néanmoins une maladie négligée. Il n'existe pas un système national de gestion des données sur la rage, qui permette de rapprocher les services de santé humaine et animale. La collaboration entre les secteurs de santé humaine et animale n'est pas effective pour une meilleure prise en charge des victimes alors que l'approche One Health, appelle à une synergie d'action entre professionnels de différents domaines allant dans le sens du contrôle et de l'éradication de la rage (Mackenzie et al., 2013).

La gestion d'une exposition à la rage par morsure de chien permet de prévenir la rage mais elle reste est un fardeau financier pour les familles des victimes (WHO, 2018) alors que les comportements de recherche de soins de santé après l'exposition sont cruciaux pour prévenir l'infection. Une bonne connaissance de la maladie pourrait permettre la prévention.

Au Bénin, plus précisément dans le département du Plateau, les cas de morsures de chien continuent d'être enregistré dans les communautés. Le degré de connaissance de la population sur la rage est méconnu dans la littérature mais aussi ses attitudes dans la prévention face à une morsure de chien. Quel est le degré de connaissance de la population du département du plateau sur la rage humaine et quelles sont les premières intentions de soins par les sujets exposés à la rage humaine par morsure de chien ? Devant une morsure de chien, la population du département du plateau préférerait une automédication que de se référer à un service de santé. Au regard de cette problématique, cette étude avait pour objectif d'évaluer les connaissances, attitudes et pratiques de la population du département du plateau dans la prévention de la rage humaine ; mais aussi d'identifier les défis actuels et les opportunités d'amélioration pour renforcer les stratégies de lutte contre sur la rage humaine.

## Cadre et méthodes d'étude

Il s'est agi d'une étude, transversale, descriptive qui s'est déroulée du 1er juin 2023 au 31 août 2023 dans le département du plateau au Bénin. Pour une meilleure compréhension du problème nous avons utilisé une approche mixte. L'approche quantitative concentrée sur la communauté, nous a permis d'évaluer les connaissances, attitudes et pratiques de la population dans la prévention de la rage humaine. Il s'est agi d'un échantillonnage aléatoire en grappe à trois degrés incluant toutes les personnes âgées d'au moins 18 ans résidant dans le département du Plateau depuis au moins six mois. L'unité de grappe était représentée par un quartier/village et l'étude a inclus 30 grappes. Un entretu individuel a été fait avec chaque sujet. Un questionnaire pré-testé, validé et incorporé à l'application KoboCollecttoolbox a servi d'outil de collecte. Les principales thématiques abordées étaient liés à la connaissance de la rage humaine et animale (mode de transmission, réservoir, germe responsable, mode de prévention, traitement), les attitudes et pratiques face à une morsures de chien. La taille minimum de l'échantillon a été déterminée par la formule de SHWARTZ à laquelle nous avons appliqué un effet grappe  $k$ .

$$n = k \frac{Z_{\alpha}^2 pq}{i^2}$$

$p$  : Prévalence estimée de la connaissance du risque rabique = 50% ;  
 $q$  :  $1-p = 50\%$  ;  $Z$  : Écart réduit au risque  $\alpha = 1,96$  ;  $i$  : précision souhaitée pour les résultats = 5% ;  $k$  : Effet grappe = 2 ;  $n$  : nombre minimal de personnes à enquêter = 768,3.

À la fin de l'étude, nous avons pu enquêter 900 sujets. Les données ont été analysé avec le logiciel R 4.3.1. La mesure de fréquence choisi a été la prévalence. Les variables qualitatives ont été décrites avec la proportion et celles quantitatives avec les paramètres de tendances centrales et de dispersions.

La méthode qualitative a permis à l'enquêteur principal, selon une approche phénoménologique, d'approfondir l'étude afin identifier les défis actuels et les opportunités d'amélioration pour renforcer les stratégies de lutte contre la rage humaine. Des entretiens approfondis ont eu lieu avec chacun des 37 personnels (responsable soignants et responsable de la chaîne de surveillance épidémiologique du département. Les thématiques abordées étaient relatives aux connaissances sur la rage et à la situation épidémiologique de la rage dans le département du plateau. Un guide d'entretien a servi d'outils de collecte. La méthode de Gorgi a été utilisé pour analyser les données.

## Résultats

### 1. Enquête auprès des ménages ou en population

#### 1.1.1 Prévalence de la connaissance de la rage

La prévalence de la connaissance erronée de la rage dans le département du plateau était de 33,90 % en 2023 avec  $IC_{95\%} = [30,80 ; 36,90]$ .

#### 1.1.2 Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Dans la population de l'étude, 80,89% des enquêtes vivaient en milieu rural. Les sujets de sexe masculin étaient les plus représentés avec une proportion de 52,56% soit un sex-ratio (Masculin/Féminin) de 1,11. Parmi les enquêtes, 58,78% se sont prévalus pratiquants chrétiens et l'âge moyen des sujets était de  $40,24 \pm 14,52$  ans avec des extrêmes allant de 18 ans à 86 ans. Le groupe d'âge le plus représenté était : [30 ; 50[ ans comme présenté dans le tableau I.

**Tableau I:** Caractéristiques socioéconomiques des enquêtés (n=900), département de Plateau en 2023

Variables	Effectif	Pourcentage
<b>Milieu de résidence</b>		
Rural	728	80,89
Urbain	172	19,11
<b>Sexe</b>		
Masculin	473	52,56
Féminin	427	47,44
<b>Religion</b>		
Christianisme	529	58,78
Endogène	222	24,66
Musulman	149	16,56
<b>Groupe d'âge (ans)</b>		
[18 ; 30[	256	28,44
[30 ; 50[	363	40,33
$\geq 50$	281	31,23
<b>Niveau d'instruction</b>		
Non instruit	498	55,33
Primaire	256	28,45
Secondaire	135	15,00
Supérieur	11	1,22
<b>Revenu mensuel (F CFA)</b>		
< 52 000	848	94,22
$\geq 52 000$	52	5,78

#### 1.1.3 Caractéristiques des ménages

Parmi les enquêtes, 46,22% étaient des chefs ménages, les femmes du chef ménage étaient enquêtées dans 34,78% des cas. Dans l'ensemble, 77,0% des habitats étaient de type collectif. La taille moyenne des ménages était de  $5,97 \pm 2,57$  personnes avec les extrêmes de 1 à 20 personnes. Sur les 900 personnes enquêtées, plus de la moitié ne sont pas instruits (55,33%), 28,45%

ont arrêté leurs études au niveau primaire, 15,00% au niveau secondaire et 1,22% ont atteint un niveau universitaire. Le revenu médian mensuel des ménages enquêtés était de 50 000 F CFA avec un intervalle interquartile (IQ): [30 000 ; 80 000] F CFA (tableau II).

**Tableau II** : Caractéristiques des ménages enquêtés (n=900), département de Plateau en 2023

<b>Variables</b>	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>Position dans le ménage</b>		
Chef de ménage	416	46,22
Femme du chef de ménage	313	34,78
Enfant du chef de ménage	169	18,78
Autre	2	0,22
<b>Type d'habitat</b>		
Collectif	693	77,00
Individuel	207	23,00
<b>Taille du ménage (personnes)</b>		
≥ 4	760	84,44
< 4	140	15,56

### 1.1.4 Connaissances des sujets sur la rage

#### Définition et mode de transmission de la rage

Selon les déclarations : 68,22% affirmait que la rage humaine est une maladie transmise du chien à l'homme alors pour 9,44% elle est une maladie induite par la sorcellerie. Pour 5,11%, la rage est une maladie due aux esprits et respectivement 3,11% ; 1,67% et 28,67% pensent que c'est une maladie du cerveau, c'est un empoisonnement et ne savent rien. Plus de la moitié des sujets (66,78%) reconnaissaient que la rage humaine est une maladie transmise du chien malade à l'homme. Pour 5,00%, elle peut être transmise d'un chien à un autre et 1,3% affirmait qu'elle peut être transmise de l'homme à l'homme. (Tableau III).

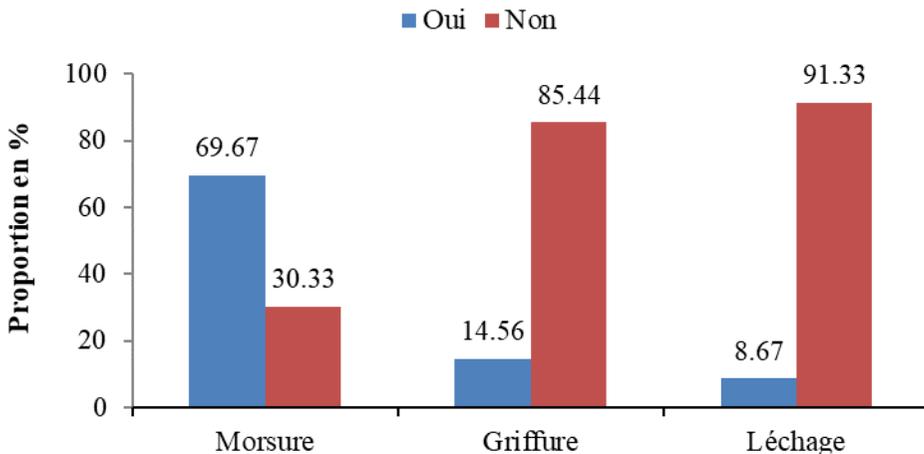
**Tableau III** : Répartition des enquêtés en fonction de leurs connaissances sur la définition et le mode de transmission de la rage département Plateau en 2023 (n=900)

<b>Variables</b>	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>Maladie transmise du chien à l'homme</b>		
Oui	614	68,22
Non	286	31,78
<b>Maladie liée au cerveau</b>		
Oui	28	3,11
Non	872	96,89
<b>Empoisonnement</b>		
Oui	15	1,67
Non	885	98,33
<b>Maladie due aux esprits</b>		

Oui	46	5,11
Non	854	94,89
<b>Maladie induite par la sorcellerie</b>		
Oui	85	9,44
Non	815	90,56
<b>Maladie transmise d'un chien à un autre</b>		
Oui	45	5,00
Non	855	95,00
<b>Maladie transmise d'un homme à un chien</b>		
Oui	17	1,89
Non	883	98,11
<b>Maladie transmise d'un homme à l'homme</b>		
Oui	12	1,33
Non	888	98,67

### Mode de transmission transcutané de la rage humaine selon les enquêtés (chien – humain)

Parmi les sujets enquêtés (69,67%) reconnaissait que la rage peut être essentiellement transmise à l'homme via la morsure du chien et respectivement 14,56% ; 8,67% ont cité la griffure et le léchage comme voies de transmission. Par contre 28,56% des sujets enquêtés ne connaissaient aucune voie de transmission de la rage du chien à l'homme (Figure 1).



**Figure 1 :** Mode de transmission transcutané de la rage humaine par le chien selon les enquêtés (n=900), département Plateau, 2023

### Signes de la rage humaine

Les signes de suspicion de la manifestation de la rage humaine selon les sujets enquêtés sont l'aboïement à 41,78% suivi de l'agressivité à 21,67% et l'agitation à 19, 11%. Il faut noter que 38,11% des enquêtés n'avaient

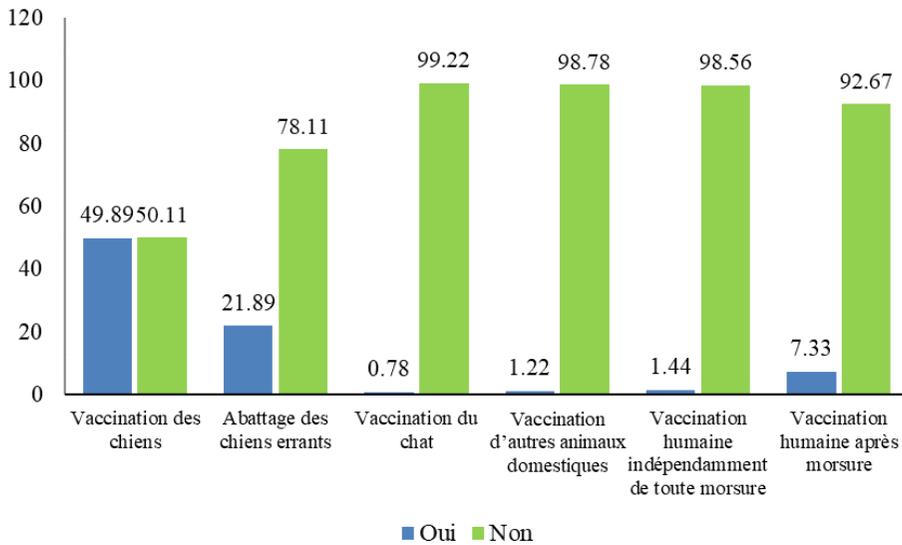
aucune connaissance des signes et symptômes de la rage humaine. (Tableau IV)

**Tableau IV** : Connaissances des enquêtés sur les signes de la rage humaine, département Plateau 2023 (n=900)

<b>Variables</b>	<b>Effectif</b>	<b>Pourcentage</b>
<b>Irritabilité</b>		
Oui	61	6,78
Non	839	93,22
<b>Fourmillement de la blessure</b>		
Oui	12	1,33
Non	888	98,67
<b>Hydrophobie</b>		
Oui	45	5,00
Non	855	95,00
<b>Aboiement</b>		
Oui	376	41,78
Non	524	58,22
<b>Transpiration</b>		
Oui	87	9,67
Non	813	90,33
<b>Agressivité</b>		
Oui	195	21,67
Non	705	78,33
<b>Agitation</b>		
Oui	172	19,11
Non	728	80,89
<b>Fuite</b>		
Oui	35	3,89
Non	865	96,11

### **Connaissances des enquêtés sur les mesures de prévention de la rage humaine**

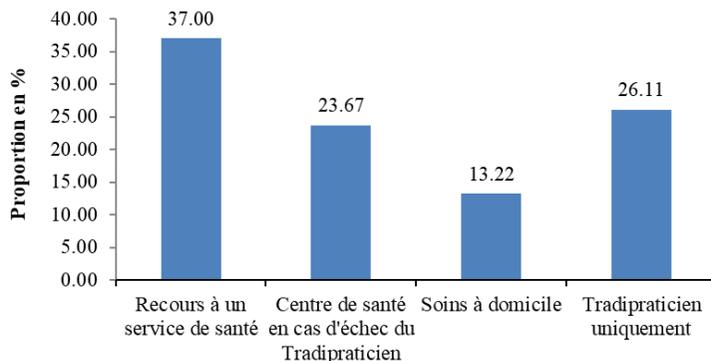
Presque la moitié des enquêtés ont évoqués la vaccination des chiens (49,89%) comme moyen de prévention de la rage humaine suivi de l'abattage des chiens errants (21,89%). La vaccination post exposition de l'homme était évoquée par 7,33% des enquêtés. On note que 40,22% des sujets n'avaient aucune connaissance des mesures de prévention de la rage humaine après une morsure par un chien (figure 2).



**Figure 2 :** Mode de transmission transcutané de la rage humaine par le chien selon les enquêtés (n=900), département Plateau, 2023

### 1.1.5 Attitudes des enquêtés sur le recours aux soins en cas de morsure

Trois itinéraires de soins ont été évoqués par les sujets pour le recours en cas d'une future morsure de chien. Pour environ plus du tiers des enquêtés (37%), le recours systématique à un centre de santé était la première attitude à adopter en cas de morsure d'un chien même si 213 (23,67%) autres préfèrent faire recours au tradipraticien et n'iront à l'hôpital que si le tradipraticien ne réussissait pas à le guérir.



**Figure 3 :** Mode de transmission transcutané de la rage humaine par le chien selon les enquêtés (n=900), département Plateau, 2023

### 1.1.6 Pratiques des sujets ayant été exposés à la morsure de chien Pratique des enquêtés sur la vaccination des animaux

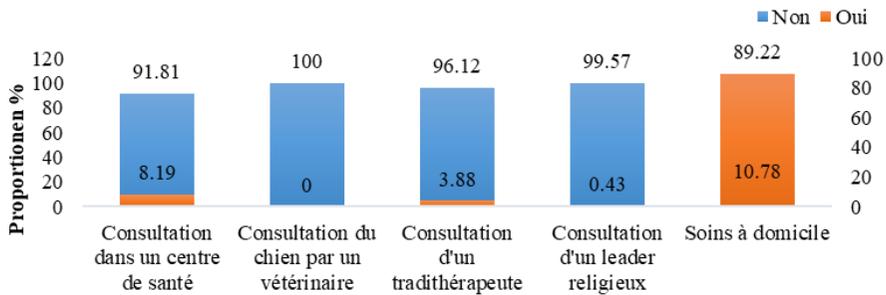
Selon les déclarations, 780 sujets sur les 900 (86,67%) ne savaient pas à quel âge il faut vacciner les chiens contrairement aux 34 (3,78%) qui ont

déclaré de le faire à l'âge de trois mois. Dans l'ensemble, 213 (23,67%) possèdent au moins un chien. Sur les 213 ménages disposant d'un chien, 54 (17,37%) ont déclaré avoir vacciné les chiens (mais sans preuve) et 146 (68,54%) ont déclaré n'avoir jamais vacciné les chiens. Par contre 14,08% ne connaissait pas l'état vaccinal de leur chien.

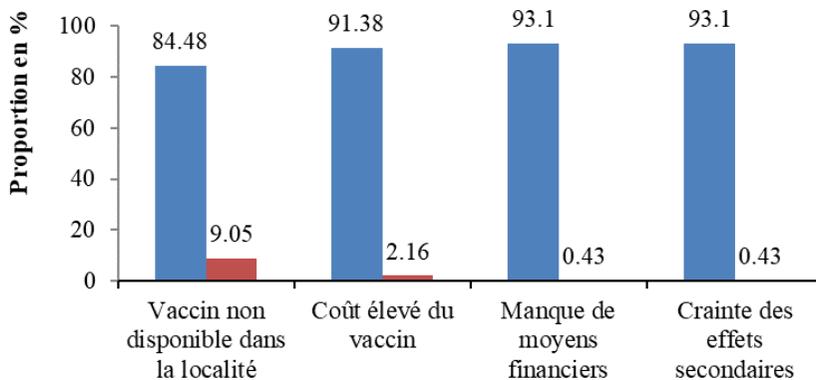
Les raisons de non-vaccination des chiens chez les 146 sujets étaient notamment le coût élevé des vaccins chez 44,52% des enquêtés, l'indisponibilité des agents vétérinaires/ vaccin chez 36,99% et l'ignorance de la nécessité de vacciner les chiens chez 17,81% et pour 20,55% affirment que la vaccination des chiens n'est pas nécessaire.

### Pratiques des sujets en cas de morsure

Parmi les 232 sujets ayant été mordu une fois par un chien, 89,22% ont fait des soins à domicile alors que 8,19% ont eu recours à un centre de santé. Au même moment, 3,88% des enquêtés ont consulté un tradithérapeute.



**Figure 4 :** Itinéraire de soins évoqué en cas de morsure de chien par les enquêtés (n=900), département Plateau, 2023



**Figure 5 :** Itinéraire de soins évoqué en cas de morsure de chien par les enquêtés (n=900), département Plateau, 2023

## **2. Enquête auprès des agents de santé et responsables du département**

### **2.1.1 Connaissances des agents de santé humaine et animale sur la rage**

Généralement, le discours des répondants assimile la rage à une affection de la catégorie des zoonoses qui se transmet des animaux de compagnie (le chien et le chat surtout) notamment à l'homme essentiellement par morsure ou la griffure.

*Un agent de santé animale affirmait que : « La rage humaine c'est une zoonose transmise suite à la morsure d'un chien enragé et quand elle est déclarée, quelle que soit l'espèce humaine ou animale l'issue est fatale. Elle se manifeste par un trouble de comportement, la fuite de la lumière, l'agressivité et l'hyper salivation ».*

Alors que quelques-uns ont précisé qu'il s'agit d'un virus comme l'affirme un agent de santé humaine : *« La rage humaine est une maladie d'origine virale, c'est-à-dire une maladie qui est transmise de l'animal à l'homme. Donc une zoonose »*

D'autres agents de santé humaine ont précisé qu'il ne s'agisse pas de simples morsures d'animale de compagnie mais d'un animal réservoir du virus responsable de la rage. *« La rage c'est la morsure d'un chien enragée sur une personne dont la prise en charge n'a pas été immédiate et par la suite il y a eu complications ; c'est en ce temps qu'on parle de la rage humaine ».*

La définition de la rage en tant qu'une affection d'origine féline s'accompagne d'une maîtrise de sa période d'incubation, de ses manifestations dans les discours des agents de santé humaine.

*« [...] Si ce chien n'est pas auparavant vacciné, nous avons une phase d'incubation qui se fait. Après la morsure, la personne peut abriter le gène pendant un moment de [0 - 21 jour] ou une durée de 1 mois à 3 mois au maximum. Si rien n'est fait, la personne développe des symptômes et arrivé là il est difficile de trouver une solution » (Infirmier).*

*« [...] Mais avant que la maladie ne s'installe, il y a une période d'incubation. La maladie s'installe lorsque la victime ne fait pas immédiatement recours aux soins entre les 14 premiers jours, mais, si le chien n'est pas enragé, le problème ne se pose pas [...]».* (Epidémiologiste)

Les répondants ont été capables de fournir des informations sur les signes et symptômes de la maladie sur un individu infectés. *« [...] Cette personne [infectée] peut être en train de baver comme le chien, il y a la fièvre qui est associée, il y a la perte de conscience et cette dernière peut délirer également ».*

Un médecin affirmait que dans ces manifestations, la rage donne *« des contractions, et après quelques jours, l'individu qui est infecté devient violent et prêt à mordre comme un chien et après quelque temps, cet individu meurt après avoir créé des décharges dans le cerveau ».*

Cette même catégorie de répondant était à l'aise de donner des détails sur les modes de prévention existents. La plupart ont d'abord cité la vaccination en premier recours. Selon leur discours, cette vaccination doit être au prime abord faite aux animaux de compagnie comme l'affirme un agent de santé : « *C'est pourquoi en tant que praticien et clinicien, nous demandons aux détenteurs de faire vacciner leur chien qui se promène partout pour pouvoir lutter contre la rage* » (IAS/IDE, Plateau). Mais dans le cas où ceci n'est pas respecté, l'individu mordu devra prévenir le développement éventuel du virus dans son organisme après la morsure d'un animal suspecté de rage. Un médecin explique : « *Le cas de rage est déclaré mortel. Il faut donc une vaccination des animaux et les mettre à l'abri pour qu'ils ne mordent pas les hommes* » Il convient de mentionner que cette connaissance est mitigée chez les points focaux santé des mairies représentant les élus locaux en charge de la gestion des collectivités locales. Leur discours se limitait au fait qu'ils aient au moins une fois entendu parler de la rage.

### **2.1.2 Situation épidémiologique de la rage humaine dans le département du plateau en République du Bénin**

Il ressort des discours des répondants spécialistes de la santé animale la difficulté d'apprécier la situation épidémiologique de la rage dans les communes du département avec des chiffres réels. A titre illustratif, un répondant affirme : « *En ce qui concerne la situation épidémiologique, depuis près de 5 ans ou 6 ans que je suis au niveau de la commune, je n'ai pas encore enregistré un cas rage humaine* » (Vétérinaire, Plateau). Cette ambiguïté autour du nombre de cas de rage humaine dans les communes est également indiquée dans le discours d'un autre répondant qui explique : « *[...] C'est une seule fois que j'ai été contacté par quelqu'un pour un cas de morsure et on s'est donné rendez-vous, mais jusqu'à aujourd'hui, il ne m'a jamais fait signe. Je ne peux pas apprécier réellement qu'à Ifangni on a tel nombre de cas de morsures de chien et cela déclarés des cas de rage humaine* » (Vétérinaire, Plateau).

Les spécialistes de la santé humaine ont abondé dans le même sens en évoquant leur incapacité à fournir sur la base de chiffres la situation épidémiologique de la rage dans la zone sanitaire. Cependant, leur discours indique des cas de morsures dans les communes couvertes par la zone sanitaire avec quelques rares cas de rage confirmée. Dans cette logique, le médecin d'une commune explique « *Je n'ai pas encore eu un cas de rage ici moi-même. Je sais qu'il y a des cas de morsure de chien, mais pas de cas de rage. Cela est estimé à moins de 10 cas par an. Mais c'est juste une notification qui est faite, car les gens banalisent ça* » (MCC, Plateau). Un Responsable Chargé de la Surveillance Épidémiologique a confirmé ces propos de son collègue médecin : « *Dans notre zone sanitaire, je ne pourrai pas tout dire. [...]* La

*commune n'a pas encore enregistré un seul cas. Il n'y a pas de chiffres par rapport à la rage de chien dans la commune, mais il peut y avoir des morsures de chien. [...] Moi je suis juste informé qu'il y a un cas de morsure [...] ».* (RCSE, Plateau).

Dans la commune de Pobè particulièrement, quelques de cas de rages enregistrés au début de l'année 2023 attire l'attention.

*« [...] il faut noter qu'en début d'année, on a eu 3 cas de rage confirmés. C'est un diagnostic clinique et lorsque nous recevons le patient, nous voyons que ce sont des cas de rage compliqués. C'étaient des enfants on avait reçu et ils étaient dans un cas de rage déjà évoluée. Dans le temps on n'avait que des soins palliatifs à faire et tous les enfants sont décédés après Je me rappelle très bien le premier cas que nous avons reçu qui est venu à l'hôpital 2 mois après la morsure. C'est un cas qu'il fallait référer à l'hôpital de zone à cause de son état avancé, mais les parents ont été dans les petits centres »* (IDE, Plateau). Ce discours souligne une méconnaissance de la rage des communautés qui par conséquent s'est avérée fatale pour les enfants mordus.

### **2.1.3 Surveillance de la rage humaine dans le département du Plateau**

Le discours des spécialistes de la santé humaine décrit le niveau de surveillance épidémiologique de la rage comme non effective. A ce propos, certains responsables de la santé humaine mentionnent :

*« C'est pour dire que la surveillance épidémiologique, ce n'est pas encore ça [...] Je dirai que c'est maintenant que nous avons pris l'initiative de documenter. Par le passé, comme on n'avait pas l'habitude d'être confronté à ce genre de situation, il n'y avait pas eu de chiffres. Nous avons enregistré 3 cas de rage vraiment confirmés cette année et les cas de morsure suspects on est à 14 ».*

À en croire ce discours, il existe désormais un registre pour la surveillance épidémiologique de la rage. Ce qui s'aligne avec les discours des responsables de la santé dans le département : *« [...] Nous avons enregistré dans le plateau 17 cas environ de morsure de chien et un cas de rage confirmé. La base de données est disponible ».*

Les spécialistes de la santé animale, en revanche, ont rapporté zéro cas de rage. Selon leur discours, la surveillance épidémiologique de la rage est cependant maintenue et se réalise au travers des activités de ciblage des fermes et le prélèvement sur les chiens au niveau de des fermes : *« Concernant la surveillance épidémiologique, il y a la surveillance de certaines maladies telles que la rage et d'autres maladies qui sont en train d'être faites. Cela a consisté à cibler des fermes qu'on a enregistrées et effectuer des prélèvements sur ces fermes-là ».*

Il n'existe cependant pas d'organisation formelle en matière de surveillance épidémiologique de la rage chez ces derniers mais des activités de routine dans l'exercice de la fonction permettent de détecter les cas. Un agent vétérinaire répondant explique :

*« Il y a une surveillance épidémiologique de la rage dans la commune. J'ai des agents qui travaillent sur le terrain et lorsqu'il y a un cas de morsure, je descends sur les lieux pour faire le constat, mettre le chien en quarantaine et je fais un certificat à la victime qui va en centre de santé pour les soins ».*

Par ailleurs le discours des répondants indique qu'il n'existe pas de fréquence de collecte d'informations pour la surveillance épidémiologique. Ceci se réalise seulement en cas de morsure par un animal de compagnie. Les défis liés à cet état de chose, seraient, selon les propos le fait que les communautés ne sont pas formées à reconnaître les signes mêmes les plus basiques d'une rage chez l'animal réservoir ainsi que la conduite à tenir en cas de morsure afin de remonter l'information. Ce manque de connaissance les conduirait à ne pas rechercher les soins médicaux en cas de morsure afin prévenir la rage mais de s'enfermer dans les pratiques coutumières à risque. Un autre responsable de la santé animale explique : *« les gens ne sont pas bien avertis, ils pensent toujours à leur tradition qu'il faut aller chez le marabout pour traiter les cas de morsures ».* Cette affirmation met en exergue l'une des principales barrières à la surveillance efficace de la rage dans les communes et suppose un renforcement de la surveillance par les données communautaires.

#### **2.1.4 Prise en charge de la rage humaine**

#### **2.1.5 Renforcement de capacité des agents de santé animal et humaine pour la prise en charge**

Le renforcement des capacités des agents de santé et points focaux surveillance selon l'approche One Health est important pour le renforcement de la surveillance, la sensibilisation ainsi que la prise en charge des cas des personnes victime de morsure ou de griffure. Interviewés sur cet aspect, les acteurs ont répondu :

*« Il n'y a pas une formation du personnel de notre municipalité et des élus locaux sur la rage. Moi-même en tant que point focal santé de la mairie, je n'ai jamais fait une formation par rapport à cela. Dans notre commune aussi ce phénomène n'est pas trop flagrant. C'est très rare » (Point focal, Plateau).* En restant dans le même ordre d'idée, un autre responsable interviewé répondait : *« Si une formation était faite, nous, on allait sentir ça par rapport aux données qui nous parviennent. À une séance de CODIR [...] En ce qui concerne la PEC et la prévention de la rage, aucune formation n'a été faite au personnel soignant ».*

Les compétences actuellement déployées par les agents de santé pour prendre en charge seraient la résultante de leur culture personnelle à partir de la littérature disponible et accessible sur la rage : « [...] *C'est juste par les documents et les prospectus qui circulent sur les réseaux sociaux que nous sommes informés* ».

Les spécialistes de la santé animale ont mentionné que des informations sommaires et de façon annuelle leurs sont prodiguées sur la rage au cours des formations sur les zoonoses. Cependant, elles ne prennent pas en compte de façon explicite les conduites à tenir pour la prise en charge.

« [...] *Nous vétérinaire il y a des formations que nous faisons par moment et parfois cela prend en compte certaines affections. Souvent on nous fait des rappelles sur les zoonoses et la rage en fait partie [...] chaque année pratiquement* ».

### **2.1.6 Défaillance du plateau technique dans la prise en charge précoce des cas d'exposition à la rage humaine**

Les répondants évoquent différents arguments pour justifier l'existence de plateau technique. Les spécialistes de la santé animale, avancent des arguments relatifs à la disponibilité des certains produits et consommables médicaux essentiels pour justifier l'existence d'un plateau technique. Un vétérinaire explique : « *Pour la prise en charge précoce des cas de rage, c'est quand les produits pour le traitement sont disponibles. Les médecins prescrivent les produits antirabiques que les patients vont acheter en pharmacie* » (Vétérinaire, Plateau). Cet avis est partagé par quelques spécialistes de la santé humaines qui renchérissent : « *Oui les plateaux techniques existent. Ce sont juste des vaccins. [...] Pour le vaccin, je crois que c'est à la pharmacie que ça se vend. Pour les quelques cas que les gens notifient, je sais que c'est à la pharmacie de la ville qu'ils ont été payés le vaccin pour administrer au patient. Au cas où, il n'y aurait pas le vaccin à la pharmacie, on peut trouver des mesures d'urgence ou référer le cas à l'hôpital de zone à POBE* ».

Pour d'autres, s'ils sont capables de poser l'acte médico-technique pour la prise en charge du patient, l'accessibilité aux médicaments n'est certainement pas à leur niveau où ils opèrent. Un médecin explique : « *Oui et non ! [...] parce qu'il y a des agents de santé qui sont-là et qui sont censés prendre en charge les patients. Mais je dirai non qu'il n'y pas existence de plateau parce que pour prendre en charge ces patients, il faut du matériel ce qui n'est pas disponible pour vite prendre en charge* ». Ceci suppose que la prise en charge rapide au niveau des formations sanitaires périphériques est perturbée par l'indisponibilité des intrants et consommable médicaux nécessaire à la prise en charge précoce de la rage. Un dysfonctionnement similaire est noté au niveau des hôpitaux comme l'explique les propos

suivants : « *Au sein de l'hôpital, c'est difficilement nous avons les intrants à notre disposition. Le matériel de prise en charge en cas d'exposition à la rage est inexistant [...]* »).

Ces remarques relatives à la limite perçue du plateau technique ont été reprises par la plupart des spécialistes de la santé humaine qui l'assimilent plutôt à la non-disponibilité des intrants notamment à la non-disponibilité des vaccins antirabique dans les formations sanitaires.

Selon un médecin chef de commune « Le plateau technique existe, mais ce n'est pas à notre disposition. Nous faisons juste les pansements et nous leur prescrivons l'ordonnance médicale pour la vaccination qui est à 20. 000. Mais les vaccins et les sérums ne sont pas disponibles dans les hôpitaux [...] ils sont dans les pharmacies ».

À l'exception d'un individu, tous les spécialistes de la santé humaine étaient unanimes sur le fait que la disponibilité des Procédures Opérationnelles Standardisées (POS) de la rage dans les formations sanitaires. Un agent de santé humaine affirme : « [...] *non, mais maintenant, toutes les formations sanitaires disponibles d'une POS* ». Un autre fourni plus de détail sur les informations auxquelles l'agent de santé pourrait avoir accès dans la POS « [...] *le sérum antirabique se fait trois ou quatre fois et je crois que cela dépend de la dose 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> semaine. Donc, il y a un guide de traitement ce ne sont pas des traitements qu'il faut faire à la volé* ».

### **2.1.7 Synergie d'action entre système local de santé animale et humaine pour la lutte contre la rage humaine**

À en croire les responsables de la santé humaine au niveau départemental, il existe une collaboration à deux niveaux. Le premier niveau est la zone sanitaire où les spécialistes des santés humaine et animale sont associés à la surveillance et la prévention la rage. Ainsi, chaque commune devrait disposer d'un agent vétérinaire pour soutenir la riposte. Le deuxième niveau de collaboration est départemental et est coordonné par un organe gouvernemental appelé la cellule nationale de lutte contre le SIDA, la tuberculose et le paludisme (CNLSTP). Un répondant explique : « [...] *Oui, il y a des vétérinaires mandataires pour chaque commune [...] Quand il y a une information qui vient au niveau départemental, on passe l'information au CNLTP et on voit comment il faut gérer [...] Cette synergie permet de mener des actions qui sont très efficaces et ne permet pas que chacun s'attaque au problème comme il l'entend* ».

D'autres acteurs au niveau opérationnel du système de santé ne sont en revanche pas de du même avis. Pour ces derniers, il n'existe pas de collaboration entre le système de santé humaine et animale. Cette absence de collaboration se traduirait par l'inexistence d'aucun cadre de concertation pouvant faciliter les interactions professionnelles entre les acteurs opérant

dans les deux systèmes. « *Il n'y a pas de collaboration entre nous. Moi je ne les connais même pas. Il n'y a pas de collaboration entre le système de santé animale et l'humaine. Ce niveau de collaboration est nul. Le problème est que chacun est dans son coin et travaille individuellement. S'il y avait un cadre de concertation, chacun ne serait pas dans son coin* ».

Selon quelques-uns, un tel cadre de concertation devrait être favorisé et rendu disponible par l'opérationnalisation de l'approche « *One Health* » qui pour l'instant n'est miroitée par les institutions qui sont censées la portée et la promouvoir comme un concept philosophique.

« *C'est le concept de " One Health " la santé pour tous êtres vivants partout dans le monde. Il n'y a pas eu de collaboration, elle est mitigée. Nous avons juste un cadre de concertation, mais la santé animale n'est pas présente. Rien ne nous empêche de collaborer. C'est parce qu'on ne sait pas appliquer les choses [...]* »

Cette absence de collaboration est mise en lumière par le fait que lors des investigations autour de cas, les spécialistes de la santé humaine n'ont la moindre occasion d'interagir avec leur collègue de la santé animale.

« *[...] des investigations se font autour des cas, mais je n'ai jamais rencontré un vétérinaire. Et dans ses zones, il est difficile de trouver un vétérinaire. Il y en a, mais on les voit rarement. Donc je dirais qu'il n'y a même pas de collaboration. Mais c'est mauvais puisqu'il y a des choses que ces personnes sont habileté à faire. Donc s'ils ne jouent pas leur rôle dans cette affaire de lutte contre la rage ne pourra pas marcher* » (RCSE, Plateau). Ces propos traduisent au fond non seulement une absence de collaboration entre les deux systèmes mais également une pénurie d'acteurs du système de santé animale.

Du côté des spécialistes de la santé animale, bien qu'ils soient d'avis d'une absence de collaboration, quelques-uns ont tout de même évoqué un début de collaboration dans laquelle les préoccupations relatives à la rage demeurent encore absentes. « *C'est maintenant cette collaboration est effective sinon il n'y en avait pas une collaboration* » (Vétérinaire, Plateau). Un répondant relate : « *[...] Mais, il y a une collaboration parce que la dernière fois quand on a voulu faire une formation concernant l'inspection, nous avons invité la médecine humaine parce qu'il y a une certaine maladie qui nous unissent et on est obligé par moment de les faire appel. Il y a une collaboration, mais ce n'est pas tellement si fort [...]* ».

La catégorie des points focaux santé des mairies des communes du département du plateau avancent des raisons selon lesquelles, aucune synergie n'existe pour une riposte efficace contre la rage dans le département. Les types de collaboration existante par exemple entre les mairies et les formations sanitaires sur fond de lutte contre les affections courantes ne tiennent pas compte de la problématique de la rage. « *Entre les formations sanitaires et*

*notre bureau de zone, il y a une collaboration, mais pas sur la rage. En tant que point focal sanitaire, je représente le maire au niveau de l'hôpital de zone pour toutes les formations sanitaires et autres. [...] Mais nous ne faisons aucune activité par rapport à la rage ».*

L'absence de collaboration entre les mairies et les formations sanitaires s'expliquerait par le fait que la rage n'est pas une affection courante ce qui ne n'a pas attiré l'attention des autorités sur la nécessité d'une collaboration sur la question. « *Si le phénomène existait dans le milieu, on aurait mis en place dispositif pour lutter contre cela, mais ce n'est pas le cas* » (Point focal, Plateau). Par conséquent, l'appui des mairies dans ce domaine reste mitigé et des lignes budgétaires annuelles n'incluent pas la riposte contre la rage.

### **3. Discussion**

#### **Prévalence des morsures de chiens**

Dans le département du Plateau, la prévalence de la morsure de chien a été estimée à 25,78% en 2023. Cette proportion est élevée par rapport à celle trouvée par Niang et al, en 2020 au Sénégal (4,55 % ; 37/813) (Niang et al., 2020) et à celle de Hergert et al, où près de 13 % des ménages avaient un membre mordu par un chien au cours de l'année précédant les enquêtes (Hergert & Nel, 2013). Une explication plausible à ces différences observée serait due à la politique de prévention des morsures de chien dans les différents pays, mais aussi dans les régions des pays.

#### **Caractéristiques sociodémographiques des sujets enquêtés**

L'âge moyen des sujets enquêtés était de 40,24±14,52 ans avec des extrêmes allant de 18ans à 86ans. Il est supérieur à la moyenne d'âge trouvé par Carrara et al. en 2012 (37,7ans) (Carrara et al., 2013). La différence observée pourrait être due à ce que Carrara et al dans leur étude ont inclus également des sujets âgés de moins de 18ans alors que la présente étude n'avait qu'inclus que des sujets âgés d'au moins 18 ans. Il reste inférieur à celui trouvé par Barbosa Costa et al en 2018 (43,6 ans) (Barbosa Costa et al., 2018). L'âge moyen des sujets trouvé par Niang et al. en 2020 dans la communauté de Sokone au Sénégal était de 29,1 ans (Niang et al., 2020).

Le groupe d'âge le plus représenté dans la présente étude était : [30 ; 40]ans.

Les sujets de sexe masculin étaient les plus représentés avec une proportion de 52,56% soit un sex-ratio (Masculin/Féminin) de 1,11. Dans la revue de Carrara et al (Carrara et al., 2013), le sex-ratio (Masculin/Féminin) était de 3,5. Niang et al. dans leur étude en 2020 ont rapporté un sex-ratio (Masculin/Féminin) de 1,5 proche de celui retrouvé dans la présente étude (Niang et al., 2020).

Le christianisme est la religion dominante dans la présente étude (58,78%) contrairement à l'étude rapportée par Niang et al. en 2020 au Sénégal où la religion musulmane était prédominante avec une proportion de 91,10% (Niang et al., 2020). Le Sénégal étant un pays à majorité musulman, c'est ce qui justifie cette différence.

### **Caractéristiques socioéconomiques des sujets enquêtés**

Le revenu médian mensuel des ménages était de 50 000F CFA, IQ : [30 000 ; 80 000] et plus de la moitié des ménages avaient un revenu mensuel proche du SMIG Béninois.

Plus de la moitié des sujets enquêtés ne sont pas instruits 55,33%, 28,44% ont arrêté leurs études au niveau primaire, 15,00% au secondaire et 1,22% ont atteint un niveau universitaire. Toutes ces observations seraient dues à la réalisation de notre étude en milieu rural.

### **Connaissances des enquêtées sur la rage**

Tous les sujets enquêtés en population générale dans cette étude dans le département du Plateau avaient déjà entendu parler de la rage humaine. Des auteurs dans la littérature n'ont pas eu les mêmes résultats que nous. Ceci pourrait s'expliquer par la campagne médiatisée de vaccination gratuite des animaux dans le département organisé en 2023 par le gouvernement.

En 2013, Hergert et coll. dans une province en en Afrique du Sud avaient rapporté que 86,00% des personnes interrogées avaient entendu parler de la maladie appelée rage (Hergert & Nel, 2013).

Rinchen et al. ont rapporté que 88% des sujets enquêtés à Bhoutan en Asie en 2019, avaient déjà entendu parler de la rage humaine (Rinchen et al., 2019).

La rage demeure ainsi une zoonose prioritaire dans plusieurs pays d'Afrique et en Asie. Dans la population des sujets victimes de morsure on note les mêmes tendances rapportées par les études de Mapatse et al en Mozambique en 2022 et Kabeta et al en Éthiopie qui avaient inclus des sujets victimes de morsures de chien où la grande majorité 97,90% et 91,70% avaient déclaré avoir déjà entendu parler de la rage avant d'y être exposés (Kabeta et al., 2015; Mapatse et al., 2022). Ces auteurs ont inclus dans leurs études des sujets adultes et des enfants contrairement à la présente étude qui n'a inclus que des sujets adultes.

### **Évaluation globale de la connaissance de la maladie**

La prévalence de la connaissance erronée de la rage dans le département du plateau était de 33,90% en 2023 avec des disproportions dans les communes. Elle était de 23,33% dans la commune d'Ifangni, de 24,67% dans la commune de Sakété, de 27,92% dans la commune de Kétou, de 45,71% dans la commune de Pobè et de 46,67% dans la commune d'Adja ouère. Pris

individuellement ou globalement, toutes ces proportions sont inférieures à celles trouvées dans la littérature ces dernières années.

Barbosa Costa G et al. ont retrouvé en 2018, une forte prévalence de la méconnaissance de la rage évaluée à 81,10% chez les sujets enquêtés (Barbosa Costa et al., 2018). Dans l'étude réalisée par Rinchen et al chez les éleveurs de Bhoutan en Asie du Sud, parmi les 88,00% des participants qui avaient entendu parler de la rage, 61,00% avaient une connaissance inadéquate sur la maladie (Rinchen et al., 2019). Une mauvaise connaissance de la rage a été constatée au Sénégal chez 77,60% des sujets enquêtés dans de la communauté dans l'étude de Niang et al. (Niang et al., 2020).

Les répondants de l'étude de Mapatse et al. avaient une méconnaissance de la rage dans 81,10% des cas (Mapatse et al., 2022). Ces différentes études confirment que les communautés en Afrique et Asie les plus exposées à la rage humaine ont une mauvaise connaissance adéquate sur la rage malgré les risques et ceci pourrait être dû aux faibles activités de sensibilisation en faveur de la prévention de la rage ainsi que le vécu.

La prévalence de méconnaissance du risque rabique par morsure de chien était très élevée dans certaines communes du département du Plateau comme Sakété, Ifangni et Kétou ce qui est une faveur favorisant le développement de la rage humaine qui est mortelle à 99,99%.

### **Cause et mode de transmission**

Dans le département du Plateau en 2023, la majorité des enquêtés (68,22%) ont affirmé que la rage humaine est une maladie transmise par morsure du chien à l'homme. Des proportions meilleures ont été retrouvées par Sambo et al en Tanzanie où 81% des répondants affirmaient que la rage était transmise par morsures d'animaux suspectés d'être enragés (Sambo et al., 2014).

Une proportion inférieure de 52,30% a été retrouvée par Kabeta et al 52,30% des sujets n'avaient aucune connaissance sur cause et mode de transmission de la rage humaine (Kabeta et al., 2015). Selon Mapatse et al, 10,10% les répondants à leur étude identifié un virus comme étant l'agent causal de la rage (Mapatse et al., 2022).

Glasgow et al., ont rapportés que 3,70% des sujets ont déclaré qu'ils ne savaient pas comment la rage se transmettait tandis que 6,60% ont déclaré que la maladie était transmise par des piqûres d'insectes, 5,70% ont déclaré que la maladie pouvait être transmise par contact avec une personne infectée et 1,10% ont déclaré que la maladie pouvait être transmise par les éternuements. (Glasgow et al., 2019).

Dans l'étude de Kabeta et al., presque tous les participants (99 %) savaient que la rage était transmise par la morsure ou le léchage d'un chien enragé, mais seulement 20,1 % ont identifié des « germes » comme cause de

la maladie (Kabeta et al., 2015). L'évolution fatale de la rage symptomatique était connue de 43,8 % des répondants de l'étude de Niang et al (Niang et al., 2020). Mais, seulement 3,10% connaissaient les modes de transmission de la rage (tous les animaux à sang chaud), la plupart d'entre eux ne pointant que vers le chien (Niang et al., 2020).

Les différences observées seraient corrélées à la politique de lutte mettre en place dans chacune de ses communautés.

### **Signes de la maladie chez l'animal**

Les signes de suspicion de la rage animale sont également méconnus chez environ le tiers (35,56%) des enquêtés dans le département du Plateau : l'agitation au niveau de l'animal est évoquée par 34,44%, le changement de comportement pour 16,89%, l'animal aboie ou miaule différemment selon 29,78% et une salivation excessive à 13,33%. Des résultats similaires ont été retrouvés dans la littérature. Glasgow et al à Grenade ont rapporté une proportion, de moins de 40% des participants de l'étude ayant identifié hormis l'agitation l'un des autres signes de manifestation chez l'animal (Glasgow et al., 2019).

Une faible proportion a été trouvée par Rinchen et al. où, parmi les participants qui avaient entendu parler de la rage, 22,00% ne connaissaient pas les signes d'un chien enragé (Rinchen et al., 2019). Au total, 58,00% des participants qui avaient entendu parler de la rage avaient vu un cas de rage, que ce soit chez un chien, un humain (Rinchen et al., 2019).

Des proportions supérieures ont été retrouvées également dans la littérature.

La plupart des participants de l'étude de Kabeta et al., ont été en mesure d'identifier les principaux signes cliniques de la rage chez les animaux : 56,80% ont reconnu l'hydrophobie comme un signe chez les animaux (Kabeta et al., 2015). L'agressivité et l'errance sans but étaient rapportées comme symptôme par 50,00% des répondants de l'étude de Mapatse et al en Éthiopie en 2015 (Mapatse et al., 2022).

La majeure partie des enquêtés (38,11%) dans le Plateau au Bénin avaient une connaissance inadéquate des signes et symptômes de la rage humaine. Les signes de suspicion de la manifestation de la rage humaine selon les sujets enquêtés sont l'aboiement à 41,78% suivi de l'agressivité à 21,67% et l'agitation à 19,11%.

La plupart des participants de l'étude de Kabeta et al, ont été en mesure d'identifier les principaux signes cliniques de la rage : 63,80% ont reconnu l'hydrophobie comme un signe chez les animaux et les humains, respectivement (Kabeta et al., 2015) et 99,00% ont indiqué qu'une morsure d'un chien enragé était la principale façon dont les gens contractent la rage (Kabeta et al., 2015).

De tous les répondants à l'étude de Mapatse et al, 82,00% savaient que la rage est inévitablement mortelle après l'apparition des signes cliniques (Mapatse et al., 2022). Les mêmes observations ont été faites dans l'étude de Sambo (Sambo et al., 2014).

### **Mode de prévention de la rage : connaissances et attitudes à l'égard de la vaccination contre la rage**

Dans le département du plateau, 40,22% des sujets n'avaient aucune connaissance des mesures de prévention de la rage humaine après une morsure par un chien. Bien que la population connaisse la rage, elle ne connaît pas les moyens de prévention après exposition. Elle pense que la rage ne peut plus être prévenue après la morsure par un chien enragé. Presque la moitié des enquêtés ont évoqués la vaccination des chiens (49,89%) comme moyen de prévention de la rage humaine suivi de l'abattages des chiens errants (21,89%) et la vaccination post exposition de l'homme faiblement évoquées à 7,33%. Kabeta et al., ont retrouvé des proportions similaires où 41,70% des sujets ont reconnu la vaccination des chiens comme une stratégie préventive importante (Kabeta et al., 2015).

La plupart des répondants de l'étude de Barbosa Costa et al, (83,30%) ont indiqué que la vaccination parentérale des chiens était une mesure préventive importante (Barbosa Costa et al., 2018). Environ les deux tiers (74,90%) des personnes interrogées par Glasgow et al à Grenade en 2019 ont correctement identifié la vaccination pour prévenir la transmission de la rage [9]. Rinchen S et al. ont rapporté des proportions meilleures où 90,30% des participants ont évoqués la vaccination préventive contre la rage chez les chiens comme moyen de prévention de la rage humaine (Rinchen et al., 2019).

Dans l'étude de Sambo et al., 67,00% des répondants avait affirmé la vaccination des chiens comme moyen de prévention de la rage, les autres méthodes citées étaient la contention des chiens et l'abattage des animaux suspects (Sambo et al., 2014).

La prophylaxie post exposition chez l'humain est le moyen de prévention le moins connu par 7,33% des sujets enquêtés dans le département du Plateau en 2023. Selon l'étude de Rinchen et al, (89,00%) participants ont déclaré que la rage peut être efficacement prévenue chez l'homme après une exposition potentielle. Cependant, seuls 399 (81,00%) participants connaissaient le schéma PPE standard (Rinchen et al., 2019).

La vaccination des animaux et la prophylaxie post exposition restent donc les moyens de lutte qui sont peu connues des enquêtés ce qui expliquerait la faible vaccination des animaux par les propriétaires et la faible demande de prophylaxie post exposition après une morsure de chien par les communautés du Plateau au Bénin. Elle aura une perception négative de cet incident comme

un chien envoyé et se confiera à un guérisseur traditionnel qui dans la majorité des cas n'enverra pas le cas vers un service de santé humaine moderne.

La rage peut être aussi évitée par la prévention des morsures de chien et de la cohabitation avec les chiens. La majorité des participants de l'étude de Kabeta et al., ont déclaré qu'il était possible de prévenir la rage en évitant les morsures de chien (64,60%) et en confinant les chiens (53,90%) (Kabeta et al., 2015). Cependant, la plupart (75,0 %) pensaient également que les guérisseurs traditionnels pouvaient guérir la rage.

### **Pratique de prévention contre la rage humaine**

La vaccination systématique des chiens n'est pas une pratique courante chez les détenteurs de chien dans le département du Plateau. Plus de la moitié des ménages disposant des chiens (68,54%) ont déclaré n'avoir jamais vacciné les chiens. Les 17,37% ayant déclaré avoir vacciné les chiens ont fait une déclaration sans preuve.

Sur la base de leurs critères de notation, 65,00% du total des participants qui avaient entendu parler de la rage avaient une attitude favorable à l'égard des programmes de contrôle et de prévention de la rage dans l'étude de Rinchen et al. (Rinchen et al., 2019).

Pour environ le tiers des enquêtés dans le plateau (37,00%), le recours systématique à un centre de santé est la première attitude à adopter en cas de morsure d'un chien même si 23,67% préfèrent faire un recours au tradipraticien et n'iront à l'hôpital que si le tradipraticien ne réussissait pas à le guérir. Selon Kabeta et al., environ 75 % des personnes interrogées pensent que les guérisseurs traditionnels et les plantes médicinales guérissent la rage (Kabeta et al., 2015). Dans les questions ouvertes, les victimes de morsures des zones rurales reculées ont mentionné qu'elles étaient venues au centre de santé en raison de leur expérience passée d'observation de maladies cliniques et de décès chez un voisin, un membre de la famille ou un parent proche qui avait été emmené chez un guérisseur traditionnel (Kabeta et al., 2015). D'autres ont mentionné qu'ils étaient venus au centre de santé parce qu'ils ne pouvaient pas se conformer aux instructions fournies par un guérisseur traditionnel (Kabeta et al., 2015). Par exemple, les agriculteurs qui possédaient des terres s'étendant sur les deux côtés d'une rivière ne pouvaient pas se conformer au conseil de ne pas traverser une rivière dans les 40 jours suivant la réception d'un remède à base de plantes (Kabeta et al., 2015).

Selon une étude réalisée par Barbosa Costa et al, en 2018, on note que 18,90% et 13,30% des sujets avaient respectivement de bonnes connaissances et pratiques en matière de rage (Barbosa Costa et al., 2018).

Dans l'étude de Sambo, 35,00% des répondants ont déclaré qu'ils s'attendraient à recevoir un vaccin antirabique à l'hôpital, 14,00% ont déclaré qu'ils s'attendraient à recevoir d'autres traitements (p. ex., antibiotiques,

tétanos et soulagement de la douleur), tandis que le reste des répondants (51,00%) ont déclaré qu'ils dépendraient des conseils des médecins (Sambo et al., 2014).

Face à la question de savoir la conduite de que chaque sujet si dans un futur proche, il ou l'un de ses proches se fait mordre par un chien dans le département du plateau, 65,22% ont affirmé se faire consulter dans un centre de santé, 19,33% ont affirmé se faire consulter par un tradithérapeute et 12,22% feront des soins à la maison

## **Conclusion**

La rage par morsure de chien reste une préoccupation de santé publique dans le département du plateau au Bénin. La prévention constitue la première action de lutte. Bien que la majorité de la population du Plateau ait une connaissance adéquate de la rage contrairement aux autres études menées par Barbosa Costa (Barbosa Costa et al., 2018), plus de la moitié a une attitude défavorable à la prévention de la rage. Ceci augmenterait dans cette communauté à majorité rurale à environ 81% et non instruit à 55% le risque d'exposition à la rage humaine dans ce département.

Le recours à un centre de santé a été indiqué en premier par le tiers des enquêtés devant une morsure de chien et 23,67% préfèrent faire un recours au tradipraticien et n'iront à l'hôpital que si le tradipraticien ne réussissait pas à le guérir alors que Kabeta et al., retrouvent qu'environ 75 % des personnes interrogées pensent que les guérisseurs traditionnels et les plantes médicinales guérissent la rage (Kabeta et al., 2015). Ce qui justifierait une faible notification des cas de morsure de chien mais aussi une augmentation du nombre de rage en population qui ne serait pas connu du système de santé. Ainsi, la lutte contre la rage par morsure de chien requiert une action concertée reposant sur une sensibilisation accrue, une surveillance épidémiologique rigoureuse et une approche intégrée pour éduquer efficacement les communautés sur les mesures de prévention et les comportements à adopter en cas d'exposition à ce virus mortel. Une approche plus holistique et intégrée est nécessaire, impliquant la collaboration entre les autorités sanitaires, les communautés locales, les vétérinaires ainsi que les partenaires techniques et financiers.

**Études humaines:** L'étude a reçu un avis favorable du comité local d'éthique pour la recherche biomédicale de l'Université de Parakou qui l'a jugé comme étant conforme et respectant les principes éthiques fondamentaux. Elle a également bénéficié d'une autorisation du Ministère de la Santé du Bénin. De surcroît, le consentement libre et éclairé des enquêtés avait été obtenu avant chaque entretien.

**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. Barbosa Costa, G., Gilbert, A. T., Monroe, B., Blanton, J., Ngam Ngam, S., Recuenco, S., & Wallace, R. (2018). The influence of poverty and rabies knowledge on healthcare seeking behaviors and dog ownership, Cameroon. *PLoS One*, *13*(6), Article 6.
2. Carrara, P., Parola, P., Brouqui, P., & Gautret, P. (2013). Imported human rabies cases worldwide, 1990–2012. *PLoS Negl Trop Dis*, *7*(5), Article 5.
3. Fooks, A. R., Banyard, A. C., Horton, D. L., Johnson, N., McElhinney, L. M., & Jackson, A. C. (2014). Current status of rabies and prospects for elimination. *Lancet*, *384*(9951), 1389-1399.
4. Glasgow, L., Worme, A., Keku, E., & Forde, M. (2019). Knowledge, attitudes, and practices regarding rabies in Grenada. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, *13*(1), e0007079. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007079>
5. Hergert, M., & Nel, L. H. (2013). Dog Bite Histories and Response to Incidents in Canine Rabies-Enzootic KwaZulu-Natal, South Africa. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, *7*(4), e2059. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002059>
6. Kabeta, T., Deresa, B., Tigre, W., Ward, M. P., & Mor, S. M. (2015). Knowledge, Attitudes and Practices of Animal Bite Victims Attending an Anti-rabies Health Center in Jimma Town, Ethiopia. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, *9*(6), e0003867. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003867>
7. Mackenzie, J. S., Jeggo, M., Daszak, P., & Richt, J. A. (2013). *One Health: The Human-Animal-Environment Interfaces in Emerging Infectious Diseases*. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-35846-3>
8. Mapatse, M., Sabeta, C., Fafetine, J., & Abernethy, D. (2022). Knowledge, attitudes, practices (KAP) and control of rabies among community households and health practitioners at the human-wildlife interface in Limpopo National Park, Massingir District, Mozambique. *PLoS Negl Trop Dis*, *16*(3), e0010202.

9. Niang, K., Tine, J. A. D., Ndao, A. B., Diongue, F. B., Diallo, A. I., Faye, A., Ndiaye, P., & Tal-Dia, A. (2020). Knowledge and Attitudes of Health Care Providers and the Population about Rabies in Sokone Health District, Senegal. *Open Journal of Preventive Medicine*, 10(4), Article 4. <https://doi.org/10.4236/ojpm.2020.104004>
10. Rinchen, S., Tenzin, T., Hall, D., Meer, F. van der, Sharma, B., Dukpa, K., & Cork, S. (2019). A community-based knowledge, attitude, and practice survey on rabies among cattle owners in selected areas of Bhutan. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 13(4), e0007305. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007305>
11. Sambo, M., Lembo, T., Cleaveland, S., Ferguson, H., Simon, C., Urassa, H., & Hampson, K. (2014). Knowledge, Attitudes and Practices (KAP) about Rabies Prevention and Control : A Community Survey in Tanzania. *PloS Neglected Trop Dis*, 8(12), e3310.
12. WHO. (2016). *Human rabies transmitted by dogs : Current status of global data* (91; Wkly Epidemiol Rec, p. 13-20).
13. WHO. (2018). *Zero by 30 : The global strategic plan to end human deaths from dog-mediated rabies by 2030* (p. 59). WHO.
14. WHO. (2020). *Rabies : Epidemiology and burden of disease*.
15. WHO. (2021). *Rabies*. WHO.

## **Impact des matériaux de protection des puits traditionnels à usage domestique sur la qualité de l'eau : cas de la commune de Yopougon, Abidjan (Côte d'Ivoire)**

***Gnagne Agness Esoh Jean Eudes Yves***

Laboratoire de thermodynamique et de physico-chimie du milieu,  
Unité de Formation de Recherche en Science Fondamentale Appliquée  
(SFA), Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

***Yapo Wolfgang***

Laboratoire des eaux et des aliments,  
Institut National d'Hygiène publique (INHP)

***Ballet Tiama Guy Nicaise***

***Traore Tiedaba***

***Okou Gnahoua Magloire***

Laboratoire des Sciences de l'Environnement, Unité de Formation et de  
Recherches en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE),  
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p129](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p129)

Submitted: 05 March 2024

Accepted: 02 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Gnagne Agness E.J.E.Y., Yapo W., Ballet Tiama G.N., Traore T., Okou G.M. (2024). *Impact des matériaux de protection des puits traditionnels à usage domestique sur la qualité de l'eau : cas de la commune de Yopougon, Abidjan (Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 129. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p129>

### **Résumé**

Les puits traditionnels à usage domestique constituent une source importante en eau pour une frange de la population du district d'Abidjan. Étudier la qualité de cette eau devient une nécessité. C'est pourquoi ce travail a été initié. Il a pour objectif d'évaluer l'impact des matériaux de protection des puits traditionnels à usage domestique sur la qualité des eaux. Pour mener à bien cette étude nous avons identifié, après enquête, cinq (5) puits traditionnels issus de la même zone géologique. Parmi ces puits choisis, quatre (4) possèdent des matériaux de protection tels que les pneus d'automobiles, les fûts métalliques, le plastique en PVC (polychlorure de vinyle) et les briques de ciment pour leur cuvelage. Quant au cinquième qui représente le puits

témoin, il ne possède pas de matériaux de protection ou cuvelage. Les eaux de ces puits ont été soumises à des analyses physico-chimiques sur la base de la norme française et celles décrites par Rodier *et al.* Les résultats de cette étude montrent que le fer et la silice qui sont des constituants chimiques des pneus d'automobiles, des briques et plastique en PVC sont en concentrations très importantes dans les eaux dont les cuvelages sont confectionnés à partir de ces matériaux. Les différents éléments chimiques (silice et fer) se retrouvent dans ces eaux par les réactions de dissolution et d'oxydation.

---

**Mots-clés:** Puits traditionnels, qualité de l'eau, matériaux de protection, Yopougon

---

## **Impact des matériaux de protection des puits traditionnels à usage domestique sur la qualité de l'eau : cas de la commune de Yopougon, Abidjan (Côte d'Ivoire)**

*Gnagne Agness Esoh Jean Eudes Yves*

Laboratoire de thermodynamique et de physico-chimie du milieu,  
Unité de Formation de Recherche en Science Fondamentale Appliquée  
(SFA), Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

*Yapo Wolfgang*

Laboratoire des eaux et des aliments,  
Institut National d'Hygiène publique (INHP)

*Ballet Tiama Guy Nicaise*

*Traore Tiedaba*

*Okou Gnahoua Magloire*

Laboratoire des Sciences de l'Environnement, Unité de Formation et de  
Recherches en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR-SGE),  
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

Traditional wells for domestic use are an important source of water for part of the population of the Abidjan district. It is essential to study the quality of this water. That is why this study was initiated, with the aim of studying the impact of materials used to protect traditional domestic wells on water quality. To carry out this study, we identified five (5) traditional wells by means of a survey. Four (4) of these wells had protective materials such as car tyres, metal drums, PVC plastic and cement bricks in the casing. The fifth, the control well, has no protective materials. Their water was subjected to physico-chemical analysis. These analyses were carried out using French standard methods and

those described by Rodier et al. Iron and silica, which are chemical constituents of car tyres and bricks, and PVC plastic exclusively in the case of silica, were found in very high concentrations in the water whose casings were made from these materials, compared with the control well. In fact, the control well is uncased and shares the same geological nature as the other cased wells. The various chemical elements (silica and iron) are found in this water through dissolution and oxidation reactions. The physico-chemical parameters of the wells with casings were compared with those of the control wells using the non-parametric Mann-Whitney test, and the well waters were divided into groups using Principal Component Analysis (PCA).

---

**Keywords:** Traditional wells ; water quality ; protection materials ; Yopougon

## 1. Introduction

L'eau est indispensable à la vie. Elle doit donc être suffisante, sûre et accessible à tous. Un meilleur accès à une eau de boisson saine peut se traduire par des bénéfices tangibles pour la santé. À l'échelle mondiale, près de 90 % des maladies hydriques (diarrhée) sont liées à la mauvaise qualité de l'eau de boisson et à un assainissement insuffisant des eaux usées. Plus d'un milliard de personnes dans le monde n'a pas accès à l'eau potable soit du fait de sa rareté ou de sa mauvaise qualité (OMS, 2017). L'alimentation en eau potable des populations est donc, une préoccupation majeure à l'échelle mondiale. Pour faire face à cette situation, l'État ivoirien a mis en place des politiques stratégiques de gestion des eaux depuis 1976 (Marc *et al.*, 1983). En milieu urbain, la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI) assure seule l'approvisionnement en eau des populations. Cependant, la croissance démographique considérable et les conditions économiques difficiles dont la Côte d'Ivoire fait face, vont contribuer à rendre inefficaces les énormes efforts fournis par l'État. Ainsi, la quantité des ressources en eau fournie aux populations reste insuffisante (Ahoussi *et al.*, 2008) notamment dans la commune de Yopougon. En outre, le coût de l'abonnement et la facturation au mètre cube élevés dans un contexte de crise et de paupérisation grandissante obligent une partie de la population à recourir de plus en plus aux puits traditionnels, comme source alternative de satisfaction de leurs besoins domestiques en eau. En général, ces puits abondent dans des environnements malsains qui ne respectent pas les conditions hygiéniques mais surtout se trouvent dans les quartiers dits précaires (Yapo *et al.*, 2010) et qui ne disposent pas de réseaux d'assainissement. Ces puits à usage domestique possèdent une margelle, un cuvelage et souvent une fermeture confectionnée à partir de divers matériaux. Tous ses éléments constituent une barrière de protection physique des eaux de puits contre les pollutions générées par les milieux dans lesquels ils se trouvent (Okou, 2021). Le cuvelage qui est un revêtement des

parois du puits est en contact direct et continu avec l'eau. Toutefois, à notre connaissance, l'impact de la nature des matériaux constitutifs des cuvelages sur la qualité des eaux de puits traditionnels n'a pas encore fait l'objet d'étude. L'objectif général de notre étude est de déterminer l'impact de ces matériaux sur la qualité des eaux des puits traditionnels à usage domestique.

## **2. Matériel et Méthodes**

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

La commune de Yopougon s'étend sur une superficie d'environ 15 300 hectares. Elle est située à l'Ouest du district autonome d'Abidjan (Côte d'Ivoire), de latitude 5°19'27,412'' Nord et de longitude 4°5'22,51'' Ouest. Elle est délimitée au Nord, par les communes d'Abobo; au Sud par l'Océan Atlantique ; à l'Est, par la commune d'Attécoubé (Figure 1). On y dénombre 14 villages qui sont Adiopodoumé, Ayakro, Azito, Béago, île Boulay, Konan Ferrand, Kouté Village, Niangon-Adjamé, Niangon-Attié, Niangon-Lokoa, Petit Bouaké, Sikasso, Yopougon-Attié, Yopougon-Santé, est composée de 8 arrondissements (police ?), eux-mêmes subdivisés en 32 sous-quartiers (Konan *et al.*, 2022) pour une population totale de 1 571 065 habitants (RGPH, 2021).

### **2.2. Cadre géologique et hydrogéologique**

La géologie du site se confond à celui du bassin sédimentaire côtier ivoirien qui s'étend sur 400 Km de long et 40 Km de large (Aghui et Biémi, 1984). Au nord, les terrains géologiques sont constitués par les sables, les argiles, les grès ferrugineux. Vers les bordures lagunaires, les vases et les sables lessivés sont rencontrés. Au sud, ce sont les sédiments du quaternaires constitués de sables des cordons marins, de sables, d'argiles et de grès ferrugineux avec des vases et des sables lessivés (Ahoussi *et al.*, 2008). Principalement, trois (3) catégories de nappes que sont la nappe du Quaternaire, la nappe du Continental Terminal encore appelée « nappe d'Abidjan » et la nappe fossile du Crétacé Supérieur ou Maestrichtien sont distinguées (Tastet, 1979).

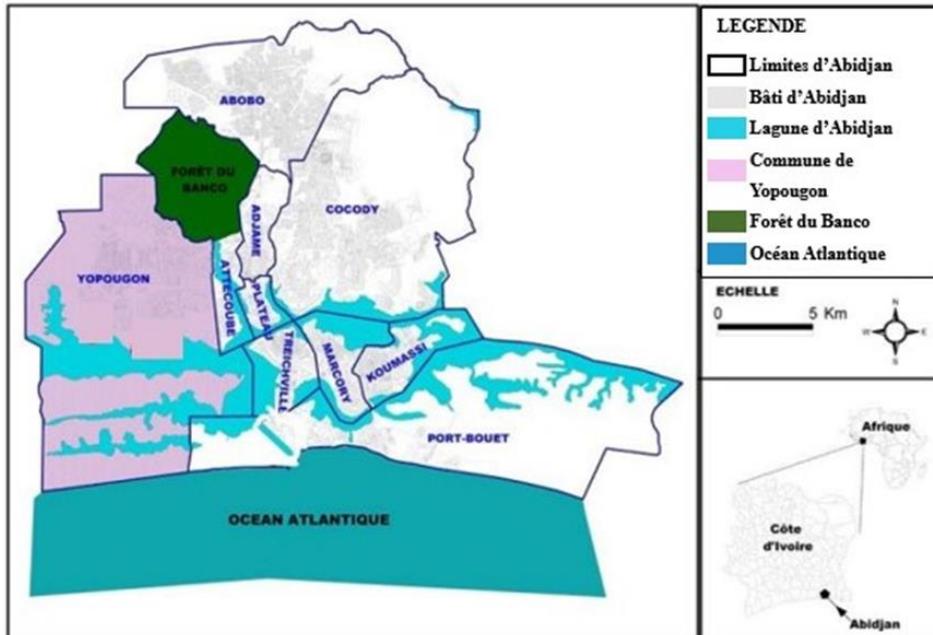


Figure 1 : Zone d'étude

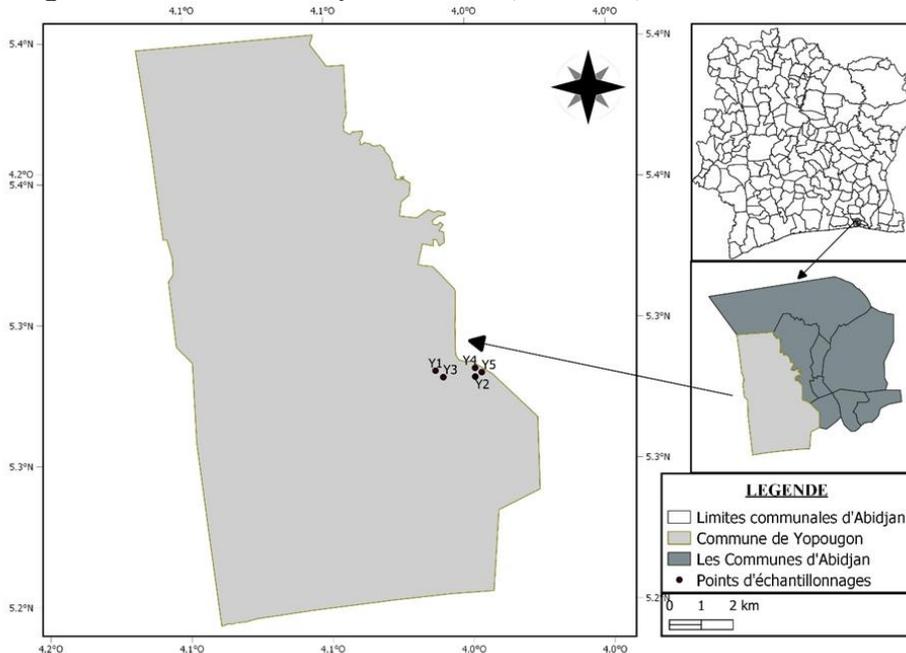
### 2.2.1. Échantillonnage

### 2.3.1. Choix des puits traditionnels à usages domestique

Le choix des puits traditionnels à usage domestiques devant servir à l'étude s'est effectué en deux phases. La première phase a consisté à réaliser une campagne exploratoire. Cette campagne a été consacrée à la recherche et à l'identification des puits. L'objectif assigné était d'identifier dans l'absolu tous les puits des localités suivantes : Béago, Azito, Santé et Adiopodoumé. Ces localités sont des quartiers et villages de la commune de Yopougon qui ont été sélectionnés sur la base des critères suivants : la présence de puits, l'accessibilité du puits en toute saison et la densité de la population. Ce choix a été également conforté par les études de Gnagne (2009) et Okou (2021). Une enquête ménages a été réalisée. Elle a permis d'effectuer des observations sur la présence de puits, la nature des différents matériaux de protection des puits et les diverses utilisations de l'eau. Cette campagne a permis d'identifier 32 puits traditionnels à usage domestique. Dans le souci d'avoir tous les puits dans la même zone géographique, géologique et exposé au même type de pollution. Ainsi, le village "Santé" a été choisi. Le choix de ce village se justifie par une importante densité de puits avec des matériaux de protections divers (35% des puits).

La deuxième phase à consister à opérer un choix sur des puits traditionnels à usage domestique dans le village de Santé où le prélèvement devrait se faire. Au total, cinq (5) puits ont été échantillonnés pour évaluer

l'impact de la nature des matériaux constitutifs des cuvelages sur la qualité de l'eau. Ces cinq (5) puits ont été choisis de manière aléatoire (Figure 2). La méthode de tirage aléatoire a permis de sélectionner quatre (4) puits avec l'objectif que chaque matériau de protection utilisé dans les puits soit représenté dans cet échantillon. Un cinquième puits qui ne possède pas de cuvelage a été utilisé comme puits témoin (Tableau I).



**Figure 2 :** Carte de répartition des puits échantillonnés

**Tableau I :** Caractéristiques des Puits à usage domestiques choisis

Puits	Caractéristiques
Y1PP	Puit à cuvelage en pneu
Y2PL	Puit à cuvelage en plastique PVC (polychlorure de vinyle)
Y3PM	Puit à cuvelage en métal (fut en fer)
Y4PB	Puit à cuvelage en brique
Y5PT	Puit sans cuvelage (Puits Témoin).

### 2.3.2. Prélèvement d'échantillons d'eaux de puits traditionnel à usage domestique

Trois (3) campagnes d'échantillonnage ont été réalisées en vue d'une caractérisation physico-chimique des eaux des cinq (5) puits traditionnels à usage domestique choisis. La campagne a été effectuée au cours des mois de Mars, Avril et Mai de l'année 2023. Le nombre total d'échantillons prélevés sont de quinze (15). Les prélèvements ont été effectués à l'aide de puisettes trouvées sur les lieux. Des flacons en polyéthylène de 1 L ont été utilisés. Chaque flacon a été rincé trois (3) fois avec l'eau à prélever, rempli à refus,

fermé hermétiquement et étiqueté avant d'être porté dans la glacière. Les échantillons ont été conservés à 4°C dans la glacière pendant le transport aux laboratoires.

### 2.3.3. Analyse des échantillons d'eaux

Les échantillons ont fait l'objet d'analyses physiques et chimiques selon les normes Françaises AFNOR (2021) et celles décrites par Rodier *et al.* (2009). Les analyses ont été effectuées au Laboratoire Central d'Analyse (LCA) de l'Université NANGUI ABROGOUA. Les paramètres et leurs méthodes d'analyse sont consignés dans le tableau II.

**Tableau II :** Méthodes et références des analyses des paramètres chimiques

Paramètres	Méthodes	Références
pH et Température	Électrochimique à l'électrode de verre	NF T 90 008
Conductivité	Électrochimique à la sonde	NF T 90-031
Oxygène dissous	Électrochimique à la sonde à oxygène	ISO 5814 : 2012
Turbidité	Méthode néphélométrique à la formazine	NF EN ISO 7027
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Spectrométrie d'absorption moléculaire	ISO 6777 : 1984
Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Spectrométrie avec l'acide sulfosalicylique	ISO 7890-3 : 1988
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Spectrométrie manuelle	ISO 7150-1 : 1984
Orthophosphate (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	Spectrométrie au molybdate d'ammonium	NF EN ISO 6878
Silice (Si)	Spectrométrie d'absorption moléculaire	NF T 90-007 : 2001
Fer (Fe)	Spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)	NF T 90-112
Cuivre (Cu)	Spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)	NF T 90-112

### 2.3.4. Traitement Statistique des données

Le traitement des données issues des analyses a été réalisé au moyen du Statistica 7.0. Ce logiciel a permis d'effectuer des analyses statistiques descriptives afin d'obtenir les maxima, les minima et les médianes. Il a aussi permis de réaliser des tests non paramétriques de comparaison et l'analyse en composante principale.

- Les tests non paramétriques, Kruskal Wallis et Mann-Whitney ont été utilisés car les données ne sont pas distribuées normalement. La valeur absolue des différences des rangs moyens de chacune des paires a été comparée à la valeur critique correspondante au risque  $\alpha = 5\%$  ( $p < 0,05$ ). Une valeur critique plus petite confirme que la différence entre les constituants de la paire est significative. Le signe de la différence des rangs moyens permet de déterminer la valeur prépondérante dans la paire considérée.
- L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est un outil d'analyse de données qui permet d'établir une similarité entre ces individus, de chercher des groupes d'individus homogènes, de mettre en évidence

des bilans de liaisons entre variables et à établir des liaisons entre groupes de variables et individus (Clarke *et al.*, 1993).

### **3. Résultats**

#### **3.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux des puits traditionnels**

Dans le tableau III sont consignées les teneurs médianes des paramètres hydrochimiques des eaux des cinq puits traditionnels de la commune de Yopougon. En général, il est constaté que les eaux des puits présentent des valeurs de pH qui varient de 3,32 dans les eaux du puits Y3PM à 6,60 dans les eaux du puits Y1PP. Ces eaux ne répondent pas aux normes de potabilité (OMS 2017). Les températures des eaux oscillent entre 26,00°C et 31,70°C. Les valeurs de température que présentent l'ensemble des puits sont supérieures à 25°C. La conductivité électrique oscille entre 330 µS/cm et 1221 µS/cm. En ce qui concerne la conductivité, seules les eaux du puits Y1PP ont une valeur de conductivité supérieure à la norme ivoirienne qui impose des valeurs comprises entre 200 et 1100 µS/cm (Anonyme, 2020). La teneur en oxygène dissous varie de 2,62 mg/L à 34,86 mg/L. Les valeurs de turbidité de ces eaux vont de 1,01 NTU à 22,90 NTU. La plupart des eaux des puits échantillonnés sont troublent avec une turbidité supérieure à la norme ivoirienne (1 NTU).

On constate que les eaux des puits étudiés ont des teneurs en nitrites inférieures à la norme ivoirienne (0,50 mg/L). En effet, elles oscillent entre 0,01 mg/L et 0,20 mg/L. Les teneurs en nitrates varient de 18,70 mg/L mesurées dans les eaux du puits Y3PM à 115,30 mg/L mesurées dans les eaux du puits Y5PT. Presque les eaux de tous les puits présentent des teneurs inférieures à la norme ivoirienne et celle de l'OMS qui est de 50 mg/L, sauf les puits Y1PP et Y5PT dont les teneurs minimales sont respectivement de 100 mg/L et 114,50 mg/L. Les eaux des puits étudiés contiennent de l'ammonium avec des teneurs comprises entre 0,03 mg/L et 8 mg/L. Les eaux des puits Y2PL, Y3PM et Y4PB respectent la valeur limite de la norme de Côte d'Ivoire (0,10 mg/L), sauf les eaux des puits Y1PP et Y5PT qui ne respectent pas cette valeur limite. Les concentrations en orthophosphate des échantillons d'eau analysées oscillent entre 0,19 mg/L et 2,70 mg/L. Les teneurs en silice de ces eaux varient de 29,00 mg/L à 290,00 mg/L. Toutes les eaux des puits étudiés présentent des teneurs en silice supérieures à la valeur guide maximale de l'OMS (30 mg/L) exceptées les eaux du puits Y5PT qui respectent cette norme. Concernant la teneur en fer, nous enregistrons une concentration de 1,08 mg/L pour les eaux du puits Y5PT et 3,88 mg/L pour celles du puits Y1PP. La totalité des eaux des puits échantillonnés présentent des valeurs supérieures à la valeur maximale de la norme ivoirienne (0,20 mg/L). La concentration en cuivre est comprise entre 0,09 mg/L et 0,40 mg/L. Toutes les

eaux de puits (Y1PP, Y2PL, Y3PM, Y4PB et Y5PT) présentent des valeurs inférieures à la norme de Côte d'Ivoire et valeurs guides de l'OMS (2,00 mg/L).

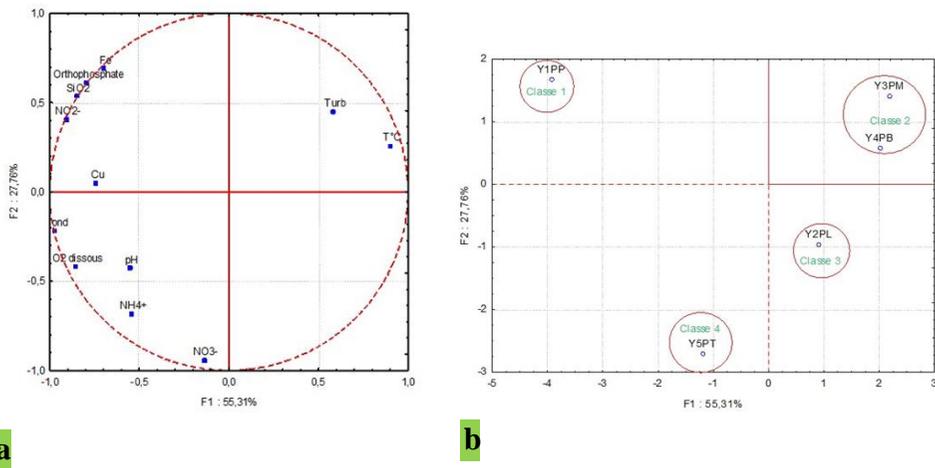
**Tableaux III : Résultats des analyses des paramètres physico-chimiques des eaux**

Puits	Paramètres												
		pH	T°C	Cond	O <sub>2</sub> dissous (mg/L)	Turbidité (UNT)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	SiO <sub>2</sub> (mg/L)	Fe (mg/L)	Cu <sup>2+</sup> (mg/L)
Y1PP	Min	6,35	27,00	1194	18,06	2,94	0,18	100,00	2,40	2,40	285,00	3,47	0,19
	Méd	6,37	28,00	1213	28,17	3,21	0,19	100,20	2,60	2,50	287,0	3,84	0,20
	Max	6,60	30,20	1221	31,56	3,35	0,2	100,50	2,90	2,70	290,00	3,88	0,22
Y2PL	Min	6,24	30,00	658	7,57	1,01	0,03	28,30	0,03	0,20	29,00	1,38	0,09
	Méd	6,33	31,00	665	7,59	1,02	0,04	28,50	0,04	0,22	29,70	1,54	0,10
	Max	6,36	31,1	680	7,66	1,04	0,06	28,60	0,05	0,23	29,90	1,57	0,15
Y3PM	Min	3,32	30,6	330	3,99	22,7	0,01	18,70	0,06	0,40	52,00	1,83	0,10
	Méd	3,47	30,9	333	4,19	22,8	0,02	18,80	0,07	0,48	52,40	1,91	0,13
	Max	3,51	31,1	334	4,21	22,9	0,03	18,90	0,09	0,49	52,60	2,66	0,15
Y4PB	Min	5,82	31,3	357	2,62	10,00	0,01	26,20	0,04	0,30	58,00	1,63	0,10
	Méd	5,97	31,4	359	2,78	10,01	0,02	26,30	0,05	0,35	58,80	1,64	0,20
	Max	6,02	31,7	361	3,57	10,03	0,04	26,50	0,07	0,38	60,00	2,27	0,40
Y5PT	Min	6,22	26,00	1000	34,39	4,81	0,03	114,50	7,60	0,19	26,70	1,08	0,10
	Méd	6,23	28,00	1001	34,51	5,17	0,04	115,00	7,80	0,20	26,80	1,13	0,15
	Max	6,28	28,1	1001,20	34,86	7,3	0,06	115,30	8,0	0,21	26,90	1,25	0,23
Valeurs guides OMS	6,5-9,5	22-25	---	---	< 5,0	< 0,1	< 50	---	---	< 30	---	< 2	
Normes ivoiriennes	6,5-9	---	200-1100	---	< 1,0	0,1-0,5	< 50	< 0,1	---	---	< 0,2	< 2	

*OMS : Organisation Mondiale de la Santé ; Min : minimum ; Méd : médiane ; Max : maximum ; Cond : conductivité ; Y1PP : Puit à cuvelage en pneu ; Y2PL : Puit à cuvelage en plastique PVC ; Y3PM : Puit à cuvelage en métal ; Y4PB : Puit à cuvelage en brique ; Y5PT : Puit sans cuvelage (Puits Temoin).*

### 3.2. Classification et profil des eaux des puits étudiés

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) indique que le plan factoriel (F1-F2), illustrée par la figure 3, représente 83,07% de la variance expliquée. Par conséquent, il dégage la majorité des informations attendues. Le facteur 1 (F1) qui exprime 55,31 % de la variance expliquée est corrélé négativement au pH, à la conductivité, à l'oxygène dissous, aux nitrites, à l'orthophosphate, à la silice, au fer et au cuivre et positivement à la température (Tableau IV). Ce facteur traduit un phénomène de pollution en nutriment et en métaux. Les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) contribuent fortement à la formation du facteur 2 (F2). Ce facteur exprime 27,76% de la variance expliquée. Il traduit une minéralisation de la matière organique en nutriment.



**Figure 4 :** a/Cercle de communauté du plan factoriel F1-F2 ; b/ Unités statistiques du plan factoriel F1-F2

Ainsi, il se dégage, du cercle de communauté (figure 4a) et des unités statistiques du plan factoriel F1-F2 (figure 4b), quatre (4) grandes classes d'eaux de puits traditionnel à usage domestique. Ce sont :

- Classe 1 concerne les eaux riches en métaux (Fe, Cu), en silice et en nutriment. Ce sont les eaux en contact avec les pneus d'automobiles comme cuvelage. Il s'agit des eaux du puits (Y1PP).
- Classe 2 est constituée d'eaux troubles et chaudes. Il s'agit des eaux provenant du puits avec cuvelage métallique et brique (Y3PM, Y4PB).
- Classe 3 correspond aux eaux moins minéralisées, moins oxygénées et pauvre en ETM et en nutriment. Il s'agit des eaux provenant des puits avec un cuvelage en plastique PVC (Y2PL).
- Classe 4 concerne les eaux fortement minéralisées par la dégradation de la matière organique. Ces eaux sont issues du puits témoin. Ce puits ne comprend pas de matériaux au niveau du cuvelage. L'eau est en contact direct avec le sol.

### 3.3. Impact des matériaux de protection des puits traditionnels à usage domestique sur la qualité des eaux

Dans cette étude, les matériaux utilisés pour la confection des paramètres de protection (cuvelage) sont constitués de pneus d'automobiles, de briques, de plastique en PVC et de métal.

❖ **Comparaison des caractéristiques physico-chimiques des eaux des puits**

✓ **Eaux des puits Y1PP et Y5PT**

Le Tableau V montre la variation des paramètres physiques et chimiques des eaux des puits Y1PP et Y5PT. Selon le test U de Mann-Whitney, les variations observées au niveau des valeurs de la température et de la concentration de cuivre dans les eaux des deux puits ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,05$ ). Cependant, les variations des valeurs médianes des paramètres physiques que sont l’oxygène dissous, la turbidité, le pH et la conductivité observées entre les eaux des deux puits sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ). C’est également le cas des concentrations médianes des nitrates, ammonium, Fer, silice et orthophosphate. Selon ce test, les concentrations médianes d’ammonium et nitrate ainsi que les valeurs médianes d’oxygène dissous et de turbidité sont plus élevées dans les eaux du puits Y5PT que celles mesurées dans les eaux du puits Y1PP. Par contre, les valeurs et concentrations médianes du pH, de la conductivité, du Fer, de la silice, du nitrite et de l’orthophosphate sont plus élevées dans les eaux du puits Y1PP que celles mesurées dans les eaux du puits Y5PT.

**Tableau V : Résultats synthétiques du test de Mann-Whitney**

	Y1PP	Y5PT	Somme Rgs Y1P1	Somme Rgs Y5P5	N Actif	niveau P<0,05
<b>pH</b>	6,37	6,23	<b>15</b>	6	3	<b>0,049535</b>
<b>T°C</b>	28	28	10	11	3	0,81664
<b>Conductivité</b>	1213	1001	<b>15</b>	6	3	<b>0,046302</b>
<b>O<sub>2</sub> dissous</b>	28,17	34,51	6	<b>15</b>	3	<b>0,049535</b>
<b>Turbidité</b>	3,21	5,17	6	<b>15</b>	3	<b>0,049535</b>
<b>Nitrites</b>	0,18	0,03	<b>15</b>	6	3	<b>0,025348</b>
<b>Nitrates</b>	100,2	115	6	<b>15</b>	3	<b>0,046302</b>
<b>Ammonium</b>	2,4	7,6	6	<b>15</b>	3	<b>0,025348</b>
<b>Orthophosphates</b>	2,41	0,2	<b>15</b>	6	3	<b>0,046302</b>
<b>Silice</b>	285	53,6	<b>15</b>	6	3	<b>0,036905</b>
<b>Fer</b>	3,84	1,13	<b>15</b>	6	3	<b>0,049535</b>
<b>Cuivre</b>	0,20	0,15	12	9	3	0,512691

✓ **Eaux des puits Y2PL et Y5PT**

Le test de Mann-Whitney dont les résultats sont consignés dans le **Tableau VI**, indique que les variations observées au niveau des valeurs de pH, de cuivre, de nitrates et de nitrites dans les eaux des puits ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,05$ ). En outre, les variations des valeurs médianes des paramètres physiques que sont la température, la conductivité, l’oxygène dissous et la turbidité observées entre les eaux des deux puits sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ). C’est aussi le cas des concentrations médianes des paramètres chimiques que sont l’ammonium, l’orthophosphate, la silice et le fer. Selon ce test les valeurs médianes du pH et de la température ainsi que les concentrations médianes de l’orthophosphate, la silice et le fer

sont plus élevées dans les eaux du puits Y2PL que celles des eaux du puits Y5PT. Tandis que les valeurs et concentrations médianes de la conductivité, l'oxygène dissous, la turbidité, les nitrates, l'ammonium et le cuivre sont plus élevées dans les eaux du puits Y5PT que celles des eaux du puits Y2PL.

**Tableau VI : Résultats synthétiques du test de Mann-Whitney**

	Y2PL	Y5PT	Somme Rgs Y2PL	Somme Rgs Y5PT	N Actif	niveau P<0,05
pH	6,33	6,23	14	7	3	0,126631
T°C	31	28	<b>15</b>	6	3	<b>0,043115</b>
<b>Conductivité (µS/cm)</b>	665	1001	6	<b>15</b>	3	<b>0,046302</b>
<b>O<sub>2</sub> dissous (mg/L)</b>	7,59	34,51	6	<b>15</b>	3	<b>0,049535</b>
<b>Turbidité (NTU)</b>	1,02	5,17	6	<b>15</b>	3	<b>0,049535</b>
Nitrites (mg.L)	0,04	0,04	10,5	10,5	3	1
Nitrates (mg/L)	28,5	115	6	15	3	0,443115
<b>Ammonium (mg/L)</b>	0,04	7,8	6	<b>15</b>	3	<b>0,025348</b>
<b>Orthophosphates (mg/L)</b>	0,22	0,2	<b>15</b>	6	3	<b>0,046302</b>
<b>Silice (mg/L)</b>	29,7	26,8	<b>15</b>	6	3	<b>0,046302</b>
<b>Fer (mg/L)</b>	1,54	1,13	<b>15</b>	6	3	<b>0,049535</b>
Cuivre (mg/L)	0,1	0,15	7	14	3	0,126631

✓ **Eaux des puits Y3PM et Y5PT**

D'après le **Tableau VII**, les différences observées au niveau des valeurs et concentrations médianes de pH, la température, la conductivité, l'oxygène dissous, la turbidité, les nitrites, les nitrates, l'ammonium, l'orthophosphate, la silice, le fer et le cuivre observées dans les eaux des deux puits sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ). Selon ce test U de Mann-Whitney les concentrations médianes des nitrites, nitrates, ammonium et cuivre ainsi que les valeurs de conductivité et d'oxygène dissous sont plus élevées dans les eaux du puits Y5PT que celles enregistrées dans les eaux du puits Y3PM. Par contre, les valeurs et concentrations médianes de pH, de température, de turbidité, d'orthophosphate, de silice et de fer sont plus élevées dans les eaux du puits Y3PM que celles des eaux du puits Y5PT.

**Tableau VII : Résultats synthétiques du test de Mann-Whitney**

	Y3P M	Y5P T	Somme Rgs Y3PM	Somme Rgs Y5PT	N Actif	niveau P<0,05
<b>pH</b>	3,47	6,23	6	<b>15</b>	3	<b>0,049535</b>
<b>T°C</b>	30,9	28	<b>15</b>	6	3	<b>0,046302</b>
<b>Conductivité (µS/cm)</b>	333	1001	6	<b>15</b>	3	<b>0,046302</b>
<b>O<sub>2</sub> dissous (mg/L)</b>	4,19	34,5 1	6	<b>15</b>	3	<b>0,049535</b>
<b>Turbidité (NTU)</b>	22,8	5,17	<b>15</b>	6	3	<b>0,049535</b>
<b>Nitrites (mg/L)</b>	0,02	0,04	6	<b>15</b>	3	<b>0,025348</b>
<b>Nitrates (mg/L)</b>	18,8	115	6	<b>15</b>	3	<b>0,033896</b>
<b>Ammonium (mg/L)</b>	0,07	7,8	6	<b>15</b>	3	<b>0,025348</b>
<b>Orthophosphates (mg/L)</b>	0,48	0,2	<b>15</b>	6	3	<b>0,046302</b>
<b>Silice (mg/L)</b>	52,4	26,8	<b>15</b>	6	3	<b>0,036905</b>

<b>Fer (mg/L)</b>	1,91	1,13	<b>15</b>	6	3	<b>0,049535</b>
<b>Cuivre (mg/L)</b>	0,13	0,15	6	<b>15</b>	3	<b>0,049535</b>

#### ✓ **Eaux des puits Y4PB et Y5PT**

Selon le test de Mann-Whitney, les variations observées au niveau des concentrations des ions orthophosphates, nitrites, nitrates, ammonium, silice, fer et cuivre ainsi que les valeurs du pH, la température, la conductivité, l’oxygène dissous et la turbidité observées dans les eaux des deux puits sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ) (Tableau VIII). Selon le test, les concentrations médianes des ions orthophosphate, silice et le fer ainsi que les valeurs médianes de la température et de la turbidité sont plus élevées dans les eaux du puits Y4PB que celles mesurées dans les eaux du puits Y5PT. Par contre les valeurs et concentrations médianes du pH, de la conductivité, de l’oxygène dissous, des nitrites, des nitrates, de l’ammonium et du cuivre sont plus élevées dans les eaux du puits Y5PT que celles mesurées dans les eaux du puits Y4PB.

**Tableau VIII : Résultats synthétiques du test de Mann-Whitney**

	<b>Y4PB</b>	<b>Y5PT</b>	<b>Somme Rgs Y4PB</b>	<b>Somme Rgs Y5PT</b>	<b>N Actif</b>	<b>niveau P&lt;0,05</b>
<b>pH</b>	5,97	6,23	6	<b>15</b>	3	<b>0,049535</b>
<b>T°C</b>	31,4	28	<b>15</b>	6	3	<b>0,046302</b>
<b>Conductivité (µS/cm)</b>	359	1001	6	<b>15</b>	3	<b>0,046302</b>
<b>O<sub>2</sub> dissous (mg/L)</b>	2,78	34,51	6	<b>15</b>	3	<b>0,049535</b>
<b>Turbidité (NTU)</b>	10,01	5,17	<b>15</b>	6	3	<b>0,049535</b>
Nitrites (mg/L)	0,04	0,04	10,5	10,5	3	1
<b>Nitrates (mg/L)</b>	26,3	115	6	<b>15</b>	3	<b>0,043115</b>
<b>Ammonium (mg/L)</b>	0,05	7,8	6	<b>15</b>	3	<b>0,025348</b>
<b>Orthophosphates (mg/L)</b>	0,35	0,2	<b>15</b>	6	3	<b>0,046302</b>
<b>Silice (mg/L)</b>	58,8	26,8	<b>15</b>	6	3	<b>0,036905</b>
<b>Fer (mg/L)</b>	1,64	1,13	<b>15</b>	6	3	<b>0,049535</b>
<b>Cuivre (mg/L)</b>	0,20	0,15	<b>15</b>	6	3	<b>0,036905</b>

#### **4. Discussion**

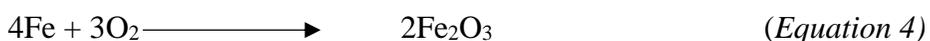
Dans cette étude, les matériaux utilisés pour la confection des paramètres de protection (cuvelage) sont constitués de : pneu, briques, plastique PVC et métal.

Les eaux du puits dont le cuvelage est en pneu (Y1PP) présente des valeurs de pH, de conductivité, de fer, de silice, de nitrites et d’orthophosphate supérieures à celui du puits témoin qui est démuné de paramètre de protection et partageant le même socle géologique que l’ensemble des puits choisis. La silice est un composant naturellement présent dans de nombreux types de sols et de roches, c’est un minéral que l’on trouve dans de nombreuses sources d’eau souterraine (Tett *et al.*, 2003), ainsi que le fer. Cependant, cette forte concentration de fer et de silice dans l’eau du puit Y1PP par rapport au puit

témoin (Y5PT) pourrait s'expliquer par un transfert de ces éléments chimiques dans l'eau grâce au contact régulier des pneus d'automobiles avec l'eau. En effet les pneus d'automobiles contiennent dans leurs compositions chimiques entre autres du fer et de la silice (Kordoghli, 2016). Ainsi le contact de l'eau avec les pneus vétustes constituant la margelle du puits Y1PP va finir par oxyder le fer et dissoudre la silice dans l'eau. Quant à la présence de phosphate et de nitrite dans ces eaux, cela pourrait être due au manque d'assainissement de la zone d'étude. Les résultats de l'ACP révèlent que les eaux de ce puits (Y1PP) sont riches en éléments métalliques tels que le fer et le cuivre, en silice et en nutriments. Les valeurs des paramètres physico-chimiques de ces eaux sont supérieures à la norme ivoirienne (Anonyme, 2020) et celle de l'OMS (2017).

Concernant les eaux du puits traditionnel ayant un cuvelage en plastique PVC (Y2PL), il présente des valeurs de pH et de température ainsi que des concentrations en ammonium, en silice et en fer supérieures au puits témoin. Le plastique PVC contient dans sa composition chimique de la silice (Trotignon *et al.*, 2006), cette concentration élevée de de silice dans l'eau de ce puits pourrait provenir de ce matériau. Ce qui expliquerait la concentration trop élevée de la silice dans le puits avec cuvelage par rapport au puit démunie de cuvelage. Les paramètres de qualité de ces eaux tels que les nitrites, les nitrates, les orthophosphates, et l'ammonium qui indique la pollution anthropique des eaux souterraines selon (Chippaux *et al.*, 2002; Ahoussi *et al.*, 2008; Yapo *et al.*, 2010; Deh *et al.*, 2012; Gnagne *et al.*, 2013) satisfont à la norme de potabilité des eaux (Anonyme, 2020; OMS, 2017). Selon l'ACP les eaux de ce puits sont moins minéralisées, moins oxygénées et pauvres en ETM et en nutriments.

Pour les eaux du puits qui possède un cuvelage en métal (fût en fer) (Y3PM), nous notons que les eaux de ce puits présentent des valeurs de pH, de température, de turbidité, d'orthophosphates, de silice et de fer élevées par rapport aux eaux du puits témoin. Le fer est le matériau de protection de ce puits contre les infiltrations et les éboulements. La concentration du fer élevée dans les eaux de ce puits, pourrait être due à la nature du matériau de protection (fût métallique). En effet, le contact de l'eau avec le cuvelage en fer va entraîner par oxydation du fer dans les eaux du puits traditionnel Y3PM (référence). La turbidité élevée de cette eau pourrait également être en partie dus à l'oxydation du fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ) en fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ) sous l'action de l'air (Rodier, 1996).



Les travaux de Okou (2021) stipulent que, le fer utilisé comme cuvelage, suite à l'oxydation de ce dernier pourrait conduire à court terme à

une coloration rougeâtre et un goût métallique de l'eau. La température élevée dans ces eaux serait due au fait que le métal est un matériau qui a tendance à conserver de la chaleur. L'ACP à travers les caractéristiques chimiques montre que les eaux de ce puits sont troubles et chaudes. Selon Ballet et al. (2018), la turbidité est une description de la transparence de l'eau, ou en d'autres termes la clarté de l'eau, c'est le premier paramètre perçu par le consommateur, et peut provoquer un rejet de la part de l'utilisateur.

Le puits qui contient le cuvelage en brique (Y4PB), contient en quantité excessive de silice et du fer par rapport au puits témoin. Les fortes teneurs en fer et en silice pourraient provenir du matériau de protection de ce puits. En effet, selon Memento de l'eau (1978), la composition chimique du ciment artificiel est la suivante : oxyde de calcium 60 à 70%, silice totale 19 à 24%, oxyde ferrique 2 à 6%, oxyde de magnésium < 5% et oxyde d'aluminium 4 à 7%. Il est donc possible que l'eau en contact avec les briques dissolve la silice et le fer en quantité importante dans l'eau. Les eaux de ce puits présentent des quantités de silice et de fer supérieures aux valeurs guides de l'OMS et de la norme ivoirienne.

Le puits témoin présente des concentrations élevées en certains paramètres de pollutions tels que les nitrites, les nitrates, l'orthophosphate et l'ammonium. Ces paramètres selon Yapo et al. (2010), constituent des indicateurs de pollutions anthropiques des eaux souterraines. Les fortes concentrations de ces éléments pourraient s'expliquer par le fait que ce puits est démuné de paramètre de protection, l'eau de ce puit est en contact direct avec le sol. Les infiltrations d'eau pourront donc se faire de tous les côtés. Les résultats de l'ACP montrent que les eaux de ce puits sont fortement minéralisées par la dégradation de la matière organique

## **Conclusion**

Ce travail a porté sur l'étude relative à l'impact des matériaux de protection des puits traditionnels à usage domestique sur la qualité de leurs eaux. Le cuvelage des puits traditionnels impacte les eaux de la nappe phréatique. En outre, les résultats de l'analyse physico-chimique des eaux ont montré que la nature des matériaux de confection des cuvelages a un impact sur la qualité des eaux des puits étudiés. Le fer et la silice qui sont des constituants chimiques des pneus d'automobiles des briques et plastique en PVC sont en concentration très importante dans les eaux par rapport aux eaux du puits témoin. En fait, le puit témoin est sans cuvelage mais partage la même nature géologique que les autres puits munis de cuvelage. Les différents éléments chimiques (silice et fer) se retrouvent dans ces eaux par les réactions de dissolution et d'oxydation. Les eaux du puits témoin sont riches en nutriment (azote, phosphore) résultant de la minéralisation de la matière organique. Les eaux du puits Y2PL doté d'un cuvelage en plastique présentent

une eau moins minéralisées pauvres en ETM et en nutriments que les eaux des autres puits. Ce type de cuvelage peut donc constituer une barrière intéressante contre la pollution métallique et organique des eaux des puits à usage domestique.

**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. Afnor (2001). Qualité de l'eau : Analyses organoleptiques, Mesures physicochimiques, Paramètres globaux, Composés organiques. Aubenas Ardèche, 6e Edition (2), 629p
2. Aghui, N., & Biémi, J. (1984). Bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire : Géologie et Hydrogéologie des nappes de la région d'Abidjan et risques de contamination. Annales Univ Nat de CI, série C (Sciences), tome 20, 313-348.
3. Ahoussi, KE., Soro, N, Soro, G, Lasme, T, Oga, M. S, & Zade, S, P, (2008). Groundwater pollution in Africans biggest towns: case of the town of Abidjan (Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, Vol 20, N°2, 302-316.
4. Anonyme, (2020). Arrêté portant fixation des normes de l'eau destinée à la consommation humaine, à l'exclusion de l'eau minérale naturelle et de l'eau de source. Le Ministre de la santé et de l'hygiène publique, le Ministre des eaux et forêts, 17p.
5. Ballet, TGN., Gnagne, AEJEY, Fofana, V, & Yapo, OB, (2018). Evaluation de la perception des ménages de la qualité de l'eau du robinet de deux communes, Cocody et Yopougon de la ville d'Abidjan, côte d'Ivoire. *Afrique Science* 14(6) : 48-57.
6. Chippaux, JP., Houssier, S, Gross, P, Bouvier, C, & Brissaud, F, (2002). Etude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 94(2), 119-123.
7. Clarke, RK., & Ainsworth, M, (1993). A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series*, 92(3), 205-219.
8. Deh, SK., Kouame, KJ, Saley, MB, Tanoh, KJJ, Anani, EKA, Signo KH, Jourda JP, & Biémi J, (2012). Evaluation de la vulnérabilité spécifique aux nitrates (NO<sub>3</sub>) des eaux souterraines du District

- d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(3), 1390-1408.
9. Gnagne, AE, (2009). Pollution urbaine et processus d'acidification des eaux de puits de la ville d'Abidjan, Côte d'Ivoire. DEA, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, 57p.
  10. Gnagne, YA, Yapou, OB, Mambo V, Meité, L, & Houenou P, (2013). Pollution urbaine et processus d'acidification des eaux de puits de la ville d'Abidjan, Côte d'Ivoire. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 036, 55-61.
  11. Konan, KP, Adou, GAT, & Zran, OL, (2022). Les trajectoires résidentielles, révélatrices des modes d'habiter des ménages locataires des quartiers Port-Bouët II et Maroc dans la commune de Yopougon (Côte d'Ivoire). *Revue Internationale du Chercheur « Volume 3 : N°3 »*, 441-464.
  12. Kordoghli, S., (2016). Mise au point d'un combustible innovant à partir des déchets de pneus usagés par pyrolyse. Thèse de Tunisie, 250p.
  13. Marc, C., Lavoie, & Viens P, (1983). Water quality control in rural Ivory Coast. *Trans of the roysof trol med and hyg*, 119-120.
  14. Memento technique des eaux minérales, (1978). Formulaire du foreur- Edition Technip, 235p.
  15. Okou, GM, (2021). Caractérisation physico-chimique des eaux de puits à usage domestique d'Abidjan et amélioration de leur qualité sur un massif filtrant argileux. Thèse de Doctorat Unique, Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 202p.
  16. OMS (Organisation Mondiale de la Santé), (2017). Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4e éd. Intégrant le premier additif [Guidelines for drinking-water quality: 4th ed. incorporating first addendum], Genève : Organisation mondiale de la Santé, 538p.
  17. RGPH, (2021). Résultats-globaux du recensement général de la population et de l'habitat en 2021, 37p.
  18. Rodier, J., (1996). Analyse de l'eau. (Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer). Chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. DUNOD 8è édition Paris, 1384p.
  19. Rodier, J., Leguibe B, & Coll NM, (2009). Analyse de l'eau, 9ème édition Jean Rodier. Dunod, Paris. DUNOD, 1579p.
  20. Tastet JP., (1979). Environnements sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du golfe de Guinée, Côte d'Ivoire, Togo, Bénin. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Bordeau I, 181p.
  21. Tett, P., Gilpin L, Svendsen, H, Erlandsson, CP, Larsson, U, Kratzen, S, Fouilland, E, Janzen, C, Lee, JY, Grenz, C, Newton, A, Ferreira, JG, Fernandes, T, & Scory S, (2003). Eutrophication and some European

- waters of restricted exchange. *Continental Shelf Research* 23 (2003), 1635-1671.
22. Trotignon, JP, Verdu, J, Dobraczynski, A, & Piperaud, M, (2006). *Matières plastiques. Structures propriétés, mise en œuvre, normalisation*. Nathan 2 éd., 231p.
23. Yapo, OB., Mambo, V, Seka, A, Ohou, MJA, Konan, F, Gouzile, V, Tidou, AS, Kouame, KV, & Houenou, P, (2010). Evaluation de la qualité des eaux de puits à usage domestique dans les quartiers défavorisés de quatre communes d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(April), 289-307.

## **Prolapsus gravidique : facteurs de risque, complications et prise en charge en Afrique sub-saharienne**

***Soumana Diaouga H.***

Service de gynécologie obstétrique ;  
Centre de santé de la mère et de l'enfant de Tahoua, Niger

***Chaibou Yacouba M.***

Service de gynécologie obstétrique ;  
Maternité Issaka Gazobi de Niamey, Niger

***Oumara M.***

Université Abdou Moumouni de Niamey;  
Service de gynécologie obstétrique;  
Hôpital Général de Référence de Niamey, Niger

***Lazare Lauren H.***

Service de gynécologie obstétrique ;  
Centre de santé de la mère et de l'enfant de Tahoua, Niger

***Garba Rah. M.***

***Idi N.***

***Nayama M.***

Université Abdou Moumouni de Niamey  
Service de gynécologie obstétrique ;  
Maternité Issaka Gazobi de Niamey, Niger

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p147](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p147)

Submitted: 04 February 2024

Accepted: 06 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Soumana Diaouga H., Chaibou Yacouba M., Oumara M., Lazare Lauren H., Garba Rah. M., Idi N. & Nayama M. (2024). *Prolapsus gravidique : facteurs de risque, complications et prise en charge en Afrique sub-saharienne*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 147.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p147>

### **Résumé**

**Objectif :** Le but de cette étude était d'aborder les caractéristiques socio démographiques, les aspects thérapeutiques et le pronostic du prolapsus utérin extériorisé survenu pour la première fois pendant la grossesse.  
**Patientes et Méthodes :** Il s'agissait d'une étude prospective sur une période de 12 mois (1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre 2021) portant sur les patientes prise en

charge pour prolapsus gestationnel. **Résultats** : Sept cas ont été enregistrés durant la période d'étude. La fréquence du prolapsus gestationnel était de 2 cas/1000 accouchements dans le service. Les patientes étaient jeunes (28-31 ans), multipares avec un âge moyen de 28,57 ans et une parité moyenne des quatre enfants. Elles étaient très jeunes à leurs premiers accouchements (16-20 ans). La plupart des facteurs de risques décrits dans la littérature à savoir : L'âge inférieur à 20 ans au premier accouchement (6 cas, 85,71%), la multiparité (7 cas, 85,71%), l'antécédent d'accouchement non assisté à domicile (6 cas, 85,71%), la profession ménagère et paysanne (100%), la sous-nutrition (5 cas, 71,42%), la toux (1 cas, 14,28) et la constipation (2 cas, 28,57%) ont été retrouvés chez les patientes. La rupture prématurée des membranes (2 cas, 28,57%), la chorioamniotite (1 cas, 14,28%), l'accouchement prématuré (1 cas, 14,28%), l'hémorragie de la délivrance (1 cas, 14,28%) et l'anémie (1 cas, 14,28%) ont été les complications retrouvées. Un traitement conservateur a été réalisé chez toutes les patientes (100%). L'évolution était favorable avec une régression spontanée du prolapsus dans le post-partum immédiat chez toutes les patientes (100%). Après six mois de suivi, les prolapsus n'ont pas récidivés. **Conclusion** : Le prolapsus gestationnel n'est pas exceptionnel dans notre contexte. Malgré son caractère angoissant pour la patiente, sa famille et l'équipe obstétricale, une attitude conservatrice peut se discuter devant un prolapsus apparu pour la première fois au cours de la grossesse chez une patiente jeune sans antécédents pathologiques particuliers.

---

**Mots-clés:** Grossesse, prolapsus des organes pelviens, prolapsus gestationnel, Tahoua, Niger

---

## Gravidarum prolapse: risk factors, complications and management in sub-saharian Africa

***Soumana Diaouga H.***

Service de gynécologie obstétrique ;  
Centre de santé de la mère et de l'enfant de Tahoua, Niger

***Chaibou Yacouba M.***

Service de gynécologie obstétrique ;  
Maternité Issaka Gazobi de Niamey, Niger

***Oumara M.***

Université Abdou Moumouni de Niamey;  
Service de gynécologie obstétrique;  
Hôpital Général de Référence de Niamey, Niger

***Lazare Lauren H.***

Service de gynécologie obstétrique ;  
Centre de santé de la mère et de l'enfant de Tahoua, Niger

***Garba Rah. M.***

***Idi N.***

***Nayama M.***

Université Abdou Moumouni de Niamey  
Service de gynécologie obstétrique ;  
Maternité Issaka Gazobi de Niamey, Niger

---

### Abstract

**Objective:** This study aimed to address the socio-demographic characteristics, therapeutic aspects, and prognosis of externalized uterine prolapse occurring for the first time during pregnancy. **Patients and Methods:** This was a prospective study over a period of 12 months (January 1 to December 31, 2021) focusing on patients treated for gravidarum prolapse. **Results:** Seven cases were recorded during the study period. The frequency of gravidarum prolapse was 2 cases/1000 deliveries in the department. The patients were young (28-31 years old), multiparous with an average age of 28.57 years and an average parity of four children. They were very young when they first gave birth (16-20 years old). Most of the risk factors described in the literature, namely: Age less than 20 years at first childbirth (6 cases, 85.71%), multiparity (7 cases, 85.71%), history of unassisted birth at home (6 cases, 85.71%), housekeeping and farming profession (100%), undernutrition (5 cases, 71.42%), cough (1 case, 14.28) and constipation (2 cases, 28.57%) were found in the patients. Premature rupture of membranes (2 cases, 28.57%), chorioamnionitis (1 case, 14.28%), premature delivery (1 case, 14.28%), postpartum hemorrhage (1 case, 14.28%) and anemia (1 case,

14.28%) were the complications found. Conservative treatment was carried out in all patients (100%). The evolution was favorable with spontaneous regression of the prolapse in the immediate postpartum period in all our patients (100%). After six months of follow-up, the prolapses have not recurred. **Conclusion:** gravidarum prolapse is not exceptional in our context. Despite its distressing nature for the patient, her family, and the obstetric team, a conservative attitude can be questioned when faced with a prolapse appearing for the first time during pregnancy in a young patient without any particular pathological history.

---

**Keywords:** Pregnancy, pelvic organ prolapse, uterine prolapse during pregnancy, Tahoua, Niger

## **Introduction**

Le prolapsus utérin se caractérise par une saillie du col et ou de l'utérus à travers la fente uro-génitale. Cette situation est favorisée par le traumatisme obstétrical, d'où la fréquence élevée dans les pays où les patientes sont en général des multipares. La survenue d'un prolapsus utérin chez la femme jeune pour la première fois au cours de la grossesse est rare, avec une incidence d'un cas sur 10000-15000 accouchements (Guariglia, 2005). Il est différent des prolapsus utérins préexistant à la grossesse qui disparaissent généralement spontanément à la fin du deuxième trimestre, sans complication (Lecointre, 2013). Ce prolapsus dit gravidique ou gestationnel serait dû aux changements physiologiques de l'organisme maternel pendant la grossesse chez une femme présentant d'autres facteurs de risque prédisposant (Awoniyi, 2021). Le prolapsus de l'utérus gravide fait de la grossesse une grossesse à haut risque. Des nombreuses complications maternelles et périnatales ont été décrites (Lecointre, 2013). La prise en charge demeure non codifiée et dépend essentiellement du terme de la grossesse et des complications imputables au prolapsus. Les options thérapeutiques vont du traitement conservateur à la chirurgie. Au Niger, aucune étude antérieure n'a été réalisée sur le prolapsus utérin dit gestationnel. Nous avons donc mené cette étude dont l'objectif était d'aborder les aspects sociodémographiques, cliniques, thérapeutiques ainsi que les issues materno-foetales de cette pathologie rare.

## **Patientes et Méthodes**

**Type et cadre d'étude :** Il s'agissait d'une étude prospective, descriptive transversale conduit dans le service de gynécologie obstétrique du centre de santé de la mère et de l'enfant de Tahoua en République du Niger sur une période de 12 mois (1er janvier 2021 au 31 décembre 2021).

**Population:** Notre échantillon est constitué de sept patientes. Nous avons inclus toutes les patientes présentant un prolapsus utérin survenu pour

la première fois au cours de la grossesse. N'étaient pas inclus dans l'étude, les patientes ayant une histoire de prolapsus antérieure à la grossesse et les patientes n'ayant pas accordé leurs consentements éclairés à participer à l'étude. Les critères de non inclusion étaient la perte de vue et la décision volontaire d'un sujet de ne plus participer à l'étude. Le prolapsus gravidique ou gestationnel était défini par la survenue pour la première fois pendant la grossesse d'un prolapsus des organes pelviens chez une femme sans antécédent de prolapsus antérieur à la grossesse.

**Collecte des données :** Les données ont été recueillies de façon prospective à l'aide d'une fiche d'enquête préalablement établie. Il s'agit des données sociodémographiques, médicales, obstétricales, néonatales, paracliniques, thérapeutiques et évolutives. Toutes les patientes ont bénéficié d'un examen clinique complet, un bilan biologique et échographique. Les patientes ont eu une prise en charge médicale, obstétricale et chirurgicale en fonction de l'évolution clinique et paraclinique. Toutes les patientes ont été suivies pendant six mois après l'accouchement. Avant la rédaction du manuscrit, nous avons réalisé une revue de la littérature en utilisant les bases de données (Medline et Science Direct, PubMed, African Journals Online), en utilisant les mots clés : « pelvic organ prolapse », « pregnancy », « gravidarum prolapse ».

**Analyse statistique :** Toutes les données ont été enregistrées sur le logiciel Epi info 7.1. Le logiciel Word 2016 a été utilisé pour la confection des tableaux. Les moyennes et les écarts-types ont été calculés. En raison du petit nombre des cas, nous n'avons pas effectué de comparaison.

**Approbation éthique et confidentialité :** L'étude a été approuvée par la direction du centre de santé de la mère et de l'enfant de Tahoua. Toutes les patientes ont donné leurs consentements éclairés pour la publication de leur cas en gardant l'anonymat sur leurs identités.

## Résultats

**Observation 1 :** Patiente de 28 ans, G4P3V3, trois (3) accouchements à domicile sans histoire de prolapsus connue, a été admise dans le service pour prise en charge d'un prolapsus utérin évoluant depuis deux jours avec une grossesse de 33 SA+6j. L'examen physique montrait un bon état général, TA 12/8, IMC à 21,4kg/m<sup>2</sup>, hauteur utérine à 28cm. A la vulve on notait un prolapsus utérin stade III de POP-Q (pelvic organ prolapsed) réductible, avec protrusion des membranes amniochoriales (Figure 1). Au toucher vaginal le col était ouvert à 3 cm. L'échographie obstétricale objectivait une grossesse évolutive de 33SA+6j sans anomalie fœtale ni des annexes. Le bilan biologique était normal. Une réduction manuelle prudente a été réalisée. La patiente a été hospitalisée avec repos au lit pendant cinq jours. Une corticothérapie pour accélération de la maturation pulmonaire fut réalisée.

L'évolution était favorable. La patiente a été suivie en consultation toutes les deux semaines jusqu'à l'accouchement spontanée par voie basse à 38 SA d'un nouveau-né de sexe masculin, Apgar 8-10, Poids= 3405g. Elle n'avait pas présenté des complications dans le post partum. La sortie été autorisée 48heures après l'accouchement. La patiente a été revue à j30, 3 mois et à 6 mois avec un examen sans particularité.



**Figure 1 :** Prolapsus utérin stade III POP-Q à 33SA+6j avec protrusion des membranes (avant et après réduction manuelle)

**Observation 2 :** Patiente de 28 ans, G5P4V4 a été admise pour prolapsus utérin évoluant depuis trois jours sur une grossesse de 37 SA+4j. A l'interrogatoire on notait une constipation évoluant depuis deux semaines. A l'examen, l'IMC à 23kg/m<sup>2</sup>, elle présentait un prolapsus utérin stade III POP-Q réductible. Le col était inflammatoire avec des fausses membranes (figure 2). On notait la présence d'un fécalome au toucher rectal. Le bilan biologique objectivait une anémie sévère à 6,8g/dl. Après l'extraction du fécalome, nous avons réalisé une réduction manuelle du prolapsus et conseillé de rester au lit en légère position de Trendelenburg. L'anémie a été traité par du fer per os et une transfusion sanguine. L'administration de phloroglucinol (Spasfon) en infusion et des antiseptiques locaux a permis une disparition rapide de l'œdème cervical. Elle a eu un début de travail spontané à 38 SA+ 1 jours de gestation et a accouché d'un nouveau-né de sexe masculin en bonne santé pesant 3100g. Lors du suivi ultérieur six mois plus tard aucun prolapsus n'a été observé.



**Figure 2 :** Prolapsus utérin stade III POP-Q à 37SA+4j (avant et après réduction manuelle)

**Observation 3 :** Il s'agissait d'une multipare de 28 ans G3P3V2, référée dans le service pour prise en charge d'un prolapsus utérin compliqué d'hémorragie de la délivrance par rétention placentaire dans un contexte d'accouchement prématuré à 29 SA à domicile d'un Mort-né macéré. L'examen physique montrait un bon état général, IMC à 25kg/m<sup>2</sup>, on notait un prolapsus utérin stade IV de POP-Q réductible. L'utérus était mal rétracté, le cordon ombilical pendait à la vulve (Figure 3). Nous avons réalisé une réduction manuelle du prolapsus, suivie d'une délivrance artificielle du placenta. L'évolution était favorable avec retour à domicile après 48 heures d'hospitalisation. La patiente a été revue en consultation à j30, 3 mois et 6 mois, pas de récurrence du prolapsus.



**Figure 3 :** Prolapsus utérin stade IV POP-Q avec rétention placentaire

**Observation 4 :** Patiente de 30 ans, G2P1, a été admise pour prolapsus utérin sur une grossesse de 37 SA+3j. Prolapsus survenu pendant l'accouchement. Elle n'avait pas d'antécédent de prolapsus avant la grossesse ni de macrosomie. Son accouchement précédent était par voie basse eutocique. A l'examen elle présentait un bon état général, IMC à 25 kg/m<sup>2</sup>. On notait un prolapsus utérin stade II POP-Q (figure 4). Le col était dilaté admettant 3 cm. Elle a eu un début de travail eutocique avec la naissance d'un nouveau-né de sexe masculin en bonne santé pesant 2250g. On notait une régression spontanée du prolapsus deux heures après l'accouchement. La patiente est sortie après 48heures d'hospitalisation sans complication. Lors du suivi ultérieur six mois plus tard aucun prolapsus n'a été observé.



**Figure 4 :** Prolapsus stade II POP-Q à 37SA+3j

**Observation 5 :** Patiente de 25 ans, G4P3 a été admise pour prolapsus utérin évoluant depuis 4 jours compliqué d'une rupture prématurée des membranes de 72heures sur une grossesse de 37 SA. Ses accouchements précédents étaient par voie basse à domicile. A l'examen, elle avait deux contractions utérines en dix minutes et une tachycardie fœtale à 167bpm. Elle présentait un prolapsus utérin stade IV POP-Q réductible (figure 5). Le col était dilaté à 3 cm. Une césarienne a été réalisée en urgence pour asphyxie fœtale. La césarienne a permis d'extraire un nouveau-né de sexe féminin, Apgar 4 et 6 à la première et cinquième minute respectivement, poids 31150g. On réalisait une réduction manuelle du prolapsus au cours de la césarienne. Les suites opératoires étaient simples avec sortie à J5 post opératoire. Lors du suivi ultérieur six mois plus tard aucun prolapsus n'a été observé.



**Figure 5 :** Prolapsus utérin stade IV POP-Q à 37SA

**Observation 6 :** Patiente de 31 ans, G9P8, ménagère, a été admise pour prolapsus utérin survenu au décours du travail d'accouchement ; une grossesse de 38 SA+3j. Elle n'avait pas d'antécédent de prolapsus avant la grossesse. Dans ses antécédents on notait cinq accouchements à domicile et trois accouchements assistés par un personnel de santé. Les poids de naissance antérieures variaient entre 2450g et 3570g. A l'examen elle présentait un bon état général, IMC à 28kg/m<sup>2</sup>, on notait un prolapsus utérin stade III POP-Q réductible. Le col était à dilatation complète. Elle a expulsé 15 minutes après son admission d'un nouveau-né de sexe masculin en bonne santé pesant 3240g. On réalisait une réduction manuelle du prolapsus en post partum immédiat. La patiente est sortie après 48heures d'hospitalisation sans complication. Lors du suivi ultérieur six mois plus tard aucun prolapsus n'a été observé.

**Observation 7 :** Patiente de 30 ans, G5P4, ménagère, a été admise pour prolapsus utérin grade III POP-Q évoluant depuis deux jours sur une grossesse gémellaire de 29 SA+3j. On notait une constipation évoluant depuis sept jours. A l'examen, on notait un bon état général, IMC 19,4 kg/m<sup>2</sup>. Le col était inflammatoire avec des fausses membranes. Nous avons réalisé une réduction manuelle du prolapsus et conseillé de rester au lit en légère position de Trendelenburg pendant six jours en hospitalisation. Elle fut revue en consultation chaque deux semaines. L'évolution a été marquée à 37 SA par la survenue d'une rupture prématurée des membranes (RPM) compliquée de chorioamniotite sur le premier jumeau ; ce qui l'amena à consulter deux jours plus tard. Elle a eu un début de travail spontané à 37 SA+ 2j et a accouché d'un premier, un mort-né de sexe féminin pesant 2300g et le deuxième de sexe masculin en bonne santé pesant 2500g. l'évolution était favorable à la sortie

après cinq jours d'antibiothérapie sans complication. Lors du suivi ultérieur six mois plus tard aucun prolapsus n'a été observé.

### **Résultats globaux**

Durant la période d'étude, 2890 accouchements ont été enregistrés dont sept cas de prolapsus gravidique, d'où une fréquence de 0,002%, soit 2 cas/ 1000 accouchements. Les patientes étaient jeunes (28-30 ans), multipares avec un âge moyen de 28,57 ans et une parité moyenne de 4 naissances. Elles avaient accouché antérieurement à domicile sans assistance médicale (85,71%, 6 cas). Elles étaient très jeunes à leurs premiers accouchements (15-20 ans). Elles étaient ménagères (5 cas, 71,42%) et paysannes (7 cas, 100%) avec un faible niveau socio-économique. La constipation était retrouvée chez deux cas sur sept (28,57%). L'âge gestationnel moyen de survenu du prolapsus était de 34,28SA avec des extrêmes de 33SA et 38SA. Le prolapsus stade III POP-Q était le plus retrouvé (4cas, 57,14%) suivi du stade IV (2cas, 28,57%). La rupture prématurée des membranes (2cas, 28,57%), la chorioamniotite (14,28%, 1cas), l'accouchement prématuré (14,28%, 1cas), l'asphyxie du per partum (1cas, 14,28%), l'hémorragie de la délivrance (14,28%, 1cas) et l'anémie (14,28%, 1cas) ont été les complications retrouvées. Un traitement conservateur a été réalisé chez toutes les patientes (100%). Le mode d'accouchement a été la césarienne chez une seule des patientes (14,28%). L'évolution était favorable avec une régression spontanée du prolapsus dans le post-partum immédiat chez toutes les patientes (100%). Après six mois de suivi, les prolapsus n'ont pas récidivés. **Les tableaux Ia et Ib** présentent les récapitulatifs des observations.

**Tableau I a : Récapitulatifs des observations**

<b>Variables</b>	<b>Cas 1</b>	<b>Cas 2</b>	<b>Cas 3</b>	<b>Ca 4</b>
Age(ans)	28	28	28	30
Profession	Ménagère/paysanne	Ménagère/paysanne	Ménagère /paysanne	Ménagère
Profession du Mari	Cultivateur	Eleveur	Revendeur	Revendeur
Parité	3	4	3	1
Age au premier Accouchement	19 ans	17 ans	18 ans	20 ans
Histoire des accouchements antérieurs	Accouchements Voie basse à Domicile	3 Accouchements Voie basse à Domicile	Accouchements voie basse à Domicile	Accouchements voie basse en formation sanitaire
Age gestationnel à la survenue du prolapsus	33 SA	37 SA	29 SA	37 SA En perpartum
Stade POP-Q au diagnostic	3	3	4	2
Notion de prolapsus antérieur à la grossesse	Non	Non	Non	Non
Age gestationnel à l'accouchement	38 SA	37 SA	29 SA	37 SA
Complication	Aucune	Anémie	HPPI/ Rétention placentaire Accouchement prématuré	Aucune
Mode d'accouchement	Voie basse	Voie basse	Voie basse	Voie basse
Traitement	Réduction manuelle Repos au lit	Réduction manuelle Repos au lit	Réduction manuelle Repos au lit	Réduction manuelle Repos au lit
Suivi	6 mois Pas de récidence	6 mois Pas de récidence	6 mois Pas de récidence	6 mois Pas de récidence

**Tableau I b : Récapitulatifs des observations**

Variables	Cas 5	Cas 6	Cas 7
Age(ans)	25	31	30
Profession	Ménagère /paysanne	Ménagère	Ménagère /paysanne
Profession du Mari	Cultivateur	Revendeur	Cultivateur
Parité	3	8	4
Age au premier accouchement	16 ans	15 ans	19 ans
Histoire des accouchements antérieurs	Accouchements voie basse à domicile	5 accouchements Voie basse à Domicile	Accouchements voie basse à Domicile
Age gestationnel à la survenue du prolapsus	37 SA en perpartum	38 SA	29 SA
Stade POP-Q au diagnostic	4	3	3
Notion de prolapsus antérieur à la grossesse	Non	Non	Non
Age gestationnel à l'accouchement	37 SA	38 SA En perpartum	37 SA
Complication	RPM APP	Aucune	RPM Chorioamniotite
Mode d'accouchement	Césarienne	Voie basse	Voie basse
Traitement	Réduction manuelle Repos au lit	Réduction manuelle Repos au lit	Réduction manuelle Repos au lit
Suivi	6 mois Pas de récurrence	6 mois Pas de récurrence	6 mois Pas de récurrence

## Discussion

Cette étude a rapporté 0,002% de prolapsus gravidique soit 2 cas/ 1000 accouchements. La survenue d'un prolapsus utérin au cours de la grossesse est un phénomène rare avec une incidence d'un cas/10000-15000 accouchements aux Etats unis (Guariglia, 2005). Notre étude montre que cette fréquence est plus élevée dans les pays en voies de développements comme le Niger. Le mécanisme étiopathogénique des prolapsus des organes pelviens survenant uniquement au cours de la grossesse est mal connu. Cette entité particulière à la grossesse apparaît pour la première fois pendant celle-ci et disparaît dans les 6 mois après l'accouchement (Miyano, 2013). La grossesse serait un facteur de risque indépendant du prolapsus uro-génital (Ammouri, 2020). En effet O'Boyle et al (2002) ont comparé des femmes nullipares enceintes (n = 21) à des femmes nullipares non enceintes (n = 21), âgées de 18 à 29 ans. Toutes les nullipares non enceintes présentaient un prolapsus de stade 0 ou 1 (POP-Q) alors que 47,6 % des gestantes présentaient un prolapsus de stade

supérieur ou égal à 2 à 28 SA (Ammouri, 2020, O'Boyle, 2002). La différence entre les deux groupes était significative pour les points Aa et Ba, Ap et Bp et la distance anovulaire (pb) (Ammouri, 2020, O'Boyle, 2002). Ce phénomène est dû aux changements physiologiques pendant la grossesse, à une augmentation de la production d'hormones qui entraîne de manière synergique un ramollissement, un étirement et une relaxation des tissus mous pelviens (Awoniyi, 2021). Des cas de prolapsus ont été notés chez des primigestes jeunes (Wang, 2020, Jeong, 2016). Plusieurs facteurs de risque ont été évoqués dans la survenue du prolapsus de l'utérus gravide. La multiparité et l'âge jeune au premier accouchement constituent les facteurs prédominants (Devkota, 2020, Tsikouras, 2014). Les autres facteurs sont la toux et la constipation chronique, l'accouchement dystocique, la macrosomie fœtale, les travaux en position assise fréquents chez les ménagères, les travaux en position courbée comme le cas chez les paysannes, l'atteinte congénitale des tissus aponévrotiques de soutien (O'Boyle, 2002, Devkota, 2020, Tsikouras, 2014). Aussi l'âge élevé, l'histoire familiale de prolapsus utérin, la sous-alimentation, l'antécédent de traumatisme du pelvis et l'IMC élevé ont été considérés comme des facteurs de risque (Jeong, 2016, Kart, 2011). La plupart de ces facteurs de risque sont retrouvés chez les patientes de cette série. En effet elles étaient multipares et ayant accouchés à domicile antérieurement. Six patientes sur sept avaient moins de 20 ans à leur premier accouchement. Le prolapsus gestationnel était noté surtout dans la période allant de juillet à décembre. Une période d'instabilité alimentaire et de travaux champêtres auxquels les femmes s'adonnent dans notre contexte. En effet les patientes étaient des ménagères et paysannes, s'adonnant à la fois aux travaux ménagères et champêtres. Le prolapsus de l'utérus gravide peut conduire à des nombreuses complications (Guariglia, 2005, Lecointre, 2013, Miyano, 2013, Youssaf, 2011, Karatayl, 2013). En anténatal, apparition d'un œdème aigu du col par stase vasculaire avec un risque de traumatisme mécanique, d'ulcération et de surinfection voire le décès maternel par septicémie. Les complications urinaires à type d'infection ou de rétention d'urine sont fréquentes (Lecointre, 2013, Mohamed-Suphan, 2012). Sur le plan obstétrical, on note une augmentation du risque de fausse couche spontanée, d'accouchement prématuré, de rupture prématurée des membranes pouvant conduire à une chorioamniotite (Ammouri, 2020). En per partum, la dystocie mécanique ou dynamique due à l'œdème cervical est fréquente. Ceci conduit à un risque de rupture utérine et de décès périnatal (Lecointre, 2013). Dans le post-partum immédiat l'hémorragie de la délivrance par atonie utérine a été décrite. À distance, les complications les plus fréquemment observées sont les incontinences urinaires et fécales et les infections puerpérales (Lecointre, 2013, Ammouri, 2020, Youssaf, 2011). La persistance du prolapsus est associée à une fréquence élevée de cervicite chronique et d'une hypofertilité

(Tsikouras,2014). Dans la présente série, le **cas 1** a présenté une anémie secondaire à l'ulcération cervicale ; facteur des micro saignements. Le **cas 3** a présenté une hémorragie de la délivrance par rétention placentaire. La rupture prématurée des membranes était notée chez deux patientes dont l'une a présenté une asphyxie fœtale et l'autre une chorioamniotite ayant conduit à la mort du fœtus in utero. Trois patientes sur sept (42,85%) n'ont présentée aucune complication. Sur le plan thérapeutique, la prise en charge n'est pas codifiée compte tenu de la rareté de cette pathologie. Le traitement dépend essentiellement du terme de la grossesse et des complications imputables au prolapsus (Lecointre, 2013, Ammouri, 2020). Deux options thérapeutiques sont retrouvées dans la littérature : Le traitement conservateur basé sur la réduction manuelle dans les prolapsus réductibles, l'utilisation de pessaire, le repos et la surveillance jusqu'à l'accouchement et l'option chirurgicale. Le traitement conservateur avec hygiène périnéale, repos au lit en position de trendelenburg et la mise en place d'un pessaire reste le traitement de première intention (Lecointre, 2013, Ammouri, 2020, Pizzoferrato, 2013). Ceci permet de diminuer l'œdème cervical et de protéger le col du risque d'ulcération et d'infection (Lecointre, 2013, Pizzoferrato, 2013). L'utilisation des antiseptiques locaux et des crèmes antibiotiques est nécessaire en cas d'hypertrophie importante du col (Lecointre, 2013, Ammouri, 2020, Pizzoferrato, 2013). L'antibiothérapie par voie générale n'est indiquée qu'en cas d'infection systémique ou de suspicion de chorioamniotite (Ammouri, 2020, Pizzoferrato, 2013, Yogev, 2003). Cette prise en charge a permis, dans la plupart des cas rapportés, un accouchement vaginal sans événement indésirable (Ammouri, 2020, Pizzoferrato, 2013, Yogev, 2003, Abdalla, 2017). Cependant le déclenchement du travail par l'utilisation de misoprostol ou de l'oxytocin doit être évité (Tsikouras,2014). En cas de prolapsus extériorisé de stade III ou IV avec un œdème cervical, le risque de dystocie cervicale semble majeur (Pizzoferrato, 2013). La voie d'accouchement doit donc être clairement discutée en fin de grossesse en l'absence de pathologie materno-fœtale (Pizzoferrato, 2013). En cas d'échec du traitement conservateur, une prise en charge chirurgicale devrait être envisagée. Depuis la première description par Matsumoto et al en 1999, une prise en charge chirurgicale conservatrice par voie laparoscopique en cours de grossesse a été décrite par plusieurs auteurs avec des bons résultats (Lecointre, 2013, Tsikouras,2014, Karatayl, 2013). Du point de vue obstétrical, le choix de la voie d'accouchement reste controversé. Selon la littérature l'accouchement par voie basse est rapporté pour des prolapsus non extériorisés avec un travail survenant spontanément avant 37 SA et des nouveau-nés de poids inférieur ou égal à 2500 g (Pizzoferrato, 2013). En revanche en cas d'œdème, de dystocie cervicale ou de prolapsus irréductible ; une césarienne était effectuée (Lecointre, 2013). Dans la présente série, le traitement conservateur était

réalisé avec succès chez toutes les patientes. La césarienne été réalisée chez une seule des patientes pour asphyxie fœtale. Concernant le pronostic ultérieur, il existe peu de données sur l'évolution des prolapsus extériorisés en post-partum. D'une manière générale, le prolapsus persiste dans le post-partum immédiat et précoce avec une régression de l'œdème cervical permettant la réintégration de l'utérus et l'utilisation de pessaire (Pizzoferrato, 2013). Une réparation chirurgicale du prolapsus pourra être proposée à distance de l'accouchement chez les patientes ayant un projet d'enfant, en privilégiant les techniques mini-invasives avec conservation utérine et sans utilisation de renfort prothétique (Pizzoferrato, 2013). En l'absence de désir de grossesse, les techniques classiques de suspension non conservatrices peuvent être réalisées (Cingillioglu, 2010). Meydanli et al (2006) ont rapporté un prolapsus utérin au troisième trimestre de grossesse traité par hystérectomie per césarienne (Lecointre, 2013). Dans la présente série, une régression spontanée du prolapsus dans le post partum immédiat été observé chez toutes les patientes. Aucune récurrence n'est observée six mois après.

**Forces et limites :** Cette étude constitue une première au Niger sur le prolapsus extériorisé survenant pour la première fois au cours de la grossesse. En plus d'apporter la fréquence de cette pathologie gravidique rare dans une maternité régionale du Niger, la présente étude contribue à identifier le profil des patientes à risques. Elle propose également une attitude thérapeutique devant un prolapsus dit gravidique en milieu à faible ressource. Cependant, la petite taille de l'échantillon, l'absence de suivi à plus long terme au-delà de six mois voire plusieurs années et la non disponibilité des certains examens d'imagerie (en particulier l'IRM) permettant le diagnostic de certain prolapsus non décelable cliniquement constituent les limites de notre étude.

## **Conclusion**

Le prolapsus des organes pelviens durant la grossesse est une situation rare. La maternité précoce, la multiparité, l'antécédent d'accouchement non assisté à domicile, la profession ménagère et paysanne, la sous-nutrition, la toux et la constipation constituent les principaux facteurs de risque du prolapsus gravidique identifiés dans la présente série. C'est une pathologie bénigne dans la majorité de cas mais peut entraîner une morbidité maternelle et périnatale élevées en l'absence de prise en charge précoce et adaptée. L'évolution est en général favorable. Ainsi, Malgré son caractère angoissant pour la patiente, sa famille et l'équipe obstétricale ; une attitude conservatrice peut être adopter devant un prolapsus apparu pour la première fois au cours de la grossesse chez une patiente jeune sans antécédents pathologiques particuliers.

**Conflits d'intérêts :** Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts.

**Contributions des auteurs :** Tous les auteurs ont participé à la prise en charge des patientes. Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale du manuscrit.

**Disponibilité des données :** Toutes les données sont disponibles auprès de l'auteur correspondant.

**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 du centre de santé de la mère et l'enfant de Tahoua. Les principes de la déclaration d'Helsinki ont été respectés

#### **References:**

1. Abdalla A. Genital Prolapse at the End Term of Pregnancy: A Case Report. *Gynecol Obstet Case Rep* 2017 ;3(2) : 54.
2. Ammouri S, Ziouziou I, Elkarkri C, Badesi S, Mahfoud H, Zraidi N, Baidada A. Le prolapsus gravidique : à propos de deux cas exceptionnels. *Pan Afr Med J*. 2020 may 12 ;3 :9
3. Awoniyi A, Ugwu AO, Garba SR, Aniugwu NK, Egba A, Olanrewaju O, Familusi OE , Olumakinwa OE , Okunade K . A rare case of utero-vaginal prolapse seen at third trimester: case report and review of literature. *Int J Reprod Contracept Obstet Gynecol* 2021;10(8) :3212-4.
4. Cingillioglu B, Kulhan M, Yildirim Y. Extensive uterine prolapse during active labor. *Int Urogynecol J* 2010 ;21 :1433—4.
5. Devkota H.R, Sijali T.R, Harris C, Ghimire D.J, Prata N and Bates M.N. Bio-mechanical risk factors for uterine prolapse among women living in the hills of west Nepal : A case-control study. *Women's Health* 2020 ;16(1) : 1–9
6. Guariglia L, Carducci B, Botta A, Ferrazzani S, Caruso A. Uterine prolapse in pregnancy. *Gynecol Obstet Invest* 2005 ;60 :192—4.
7. Jeong Ok Kim, Shin A Jang, Ji Yeon Lee, Nae Ri Yun, Sang-Hun Lee, Sung Ook Hwang. Uterine prolapse in a primigravid woman. *Obstet Gynecol Sci* 2016 ; 59 (3) : 241-244
8. Kart C, Aran T, Guven S. Stage IV C prolapse in pregnancy. *Int J Gynaecol Obstet* 2011; 112:142-3.

9. Karatayl R, Gezginc K, Haydar Kantarc A, Acar A. Successful treatment of uterine prolapse by abdominal hysteropexy performed during cesarean section. *Arch Gynecol Obstet* (2013) 287 :319–322
10. Lecointre L, Gaudineau A, Langer B. Prolapsus utérin stade IV et grossesse: à propos d'un cas. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jgyn.2013.10.002>
11. Matsumoto T, Nishi M, Yokota M, Ito M. Laparoscopic treatment of uterine prolapse during pregnancy. *Obstet Gynecol* 1999 ;93 :849.
12. Meydanli MM, Ustun Y, Yalcin OT. Pelvic organ prolapse complicating third trimester pregnancy. A case report. *Gynecol Obstet Invest* 2006 ;61 :133—4.
13. Miyano N, Matsushita H. Maternal and perinatal outcome in pregnancies complicated by uterine cervical prolapse. *J Obstet Gynaecol*. 2013; 33: 569-571.
14. Mohamed-Suphan N, Ng RKW. Uterine prolapse complicating pregnancy and labor : a case report and literature review. *Int Urogynecol J* 2012 ;23 :647—50.
15. O'Boyle AL, Woodman PJ, O'Boyle JD, Davis GD, Swift SE. Pelvic organ support in nulliparous pregnant and nonpregnant women: a case control study. *Am J Obstet Gynecol* 2002 ;187(1) :99–102.
16. Pizzoferrato A.C, Bui C, Fauconnier A, Bader G. Prolapsus utérin extériorisé sur utérus gravide. Prise en charge pré- et postnatale. *Gynécologie Obstétrique & Fertilité* 41 (2013) 467–470
17. Tsikouras P, Dafopoulos A, Vrachnis N, Iliodromiti Z, Bouchlariotou S, Pinidis P, Tsagias N, Liberis V , Galazios G , and Von Tempelhoff G.F. Uterine prolapse in pregnancy : risk factors, complications and management. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2014 ; 27(3) : 297–302
18. Wang K, Zhang J, Xu T, Yu H, Wang X. Successful deliveries of uterine prolapse in two primigravid women after obstetric management and perinatal care: case reports and literature review. *Ann Palliat Med* 2020. doi:10.21037/apm-20-1322
19. Yousaf S, Haq B, Rana T. Extensive utero vaginal prolapse during labor. *J Obstet Gynaecol Res* 2011 ;3 :264—6.
20. Yogev Y, Horowitz ER, Ben-Haroush A, Kaplan B. Uterine cervical elongation and prolapse during pregnancy : an old unsolved problem. *Clin Exp Obstet Gynecol* 2003 ;30(4) :183–5.

## **Phytochimie et evaluation de la toxicite des extraits de *Sida acuta***

***Traore Youssouf Zanga***

***Kone Monon***

Université Péléforo Gon Coulibaly, UFR Sciences Biologiques,  
Laboratoire de Biochimie-Génétique, Korhogo, Côte d'Ivoire

***Kande Brahima***

Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences de la Nature, Laboratoire de  
Botanique Valorisation de la Diversité Végétale, Abidjan, Côte d'Ivoire

***Kouadio Nathalie Guessennnd***

Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences,  
Institut Pasteur, Abidjan Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p164](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p164)

Submitted: 27 February 2024

Accepted: 10 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:* Traore Y.Z., Kone M., Kande B. & Kouadio N.G. (2024). *Phytochimie et evaluation de la toxicite des extraits de Sida acuta*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 164. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p164>

### **Résumé**

Cette étude a pour but d'évaluer la toxicité de l'extrait aqueux de *Sida acuta*, une plante beaucoup utilisée en médecine traditionnelle par les populations ouest africaine et particulièrement ivoirienne. L'intérêt accordé à ladite étude est dû au besoin de garantir aux populations, une thérapie à base de plante sans risque de toxicité ou d'effet nocif. L'analyse de la phytochimie qualitative a été réalisée par la méthode de coloration en tubes et l'évaluation de la toxicité de l'extrait aqueux a été faite sur des souris blanches suivant la ligne Directrice 423 de l'OCDE, modifié en 2008. Les doses 300, 1000, 2000 et 5000 mg/kg de masse corporelle ont été administrées par gavage aux quatre lots expérimentaux. Seul le lot témoin a reçu de l'eau distillée. La phytochimie a révélé simultanément les stéroïdes et terpènes pour l'extrait aqueux et éthanolique 70% tandis que les alcaloïdes, polyphénols, et les flavonoïdes ont été révélés exclusivement dans l'extrait éthanolique 70%. La dose maximale de 5000 mg/kg de masse corporelle n'a enregistré aucun décès. Par

conséquent, l'extrait aqueux de *Sida acuta* reste sans danger à l'usage par voie orale en médecine traditionnelle.

---

**Mots-clés:** *Sida acuta*, Phytochimie, Toxicité aiguë, Extrait Aqueux et Ethanologique 70%

---

## **Phytochemistry and Assessment of Toxicity of *Sida Acuta* Extracts**

***Traore Youssouf Zanga***

***Kone Monon***

Université Péléforo Gon Coulibaly, UFR Sciences Biologiques,  
Laboratoire de Biochimie-Génétique, Korhogo, Côte d'Ivoire

***Kande Brahim***

Université Nangui Abrogoua, UFR Sciences de la Nature, Laboratoire de  
Botanique Valorisation de la Diversité Végétale, Abidjan, Côte d'Ivoire

***Kouadio Nathalie Guessennd***

Université Félix Houphouët Boigny, UFR Biosciences,  
Institut Pasteur, Abidjan Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

This study aims to evaluate the toxicity of the aqueous extract of *Sida acuta*, a plant widely used in traditional medicine by West African and particularly Ivorian populations. The interest given to this study is due to the need to guarantee to the populations a plant-based therapy without risk of toxicity or harmful effects. The qualitative phytochemical analysis was carried out by the tube staining method and the toxicity of the aqueous extract was performed on white mice following OECD Guideline 423, modified in 2008. Doses 300, 1000, 2000 and 5000 mg/kg body weight were administered by gavage to the four experimental batches. Only the control batch received distilled water. Phytochemistry simultaneously revealed steroids and terpenes for aqueous and the 70% ethanolic extract while alkaloids, polyphenols, and flavonoids were revealed exclusively in the 70% ethanolic extract. The maximum dose of 5000 mg/kg body weight recorded no deaths. Therefore, the aqueous extract of *Sida acuta* remains safe for oral use in traditional medicine.

---

**Keywords:** *Sida acuta*, Phytochemistry, Acute toxicity, Aqueous and Ethanolic extract 70%

## Introduction

*Sida acuta* « *Tiégana balyé* » en malinké en Côte d'Ivoire (DE Souza 1980), est une plante herbacée ou un arbrisseau dont la taille peut atteindre 1 à 2 mètres de haut. La plante appartient à la famille des (*Malvaceae*) et possédant des vertus thérapeutiques reconnues de tous. Plus de 80% des populations humaines d'Afrique et d'ailleurs l'utilisent pour traiter diverses pathologies (Aiyelaogbe, 2001). Ainsi au Bénin (Diarrhée, Ocytocique, Tonique), au Cameroun (Trouble hépatique, infection pulmonaire), en Côte d'Ivoire (Fièvre, maux de dents, aphrodisiaque), en Chine (Bronchite avec toux, inflammation des voies urinaires, rhum et grippe), cette plante a fait l'objet de plusieurs utilisations. *Sida acuta* aux vertus thérapeutiques énormes dans diverses régions du monde, présente aussi des propriétés médicinales avérées, principalement antibactériennes, hypertensives, bronchodilatatrices, spasmolytiques, anti-inflammatoires et mucilagineuses, illustrée par les travaux de (IR Iroh et *al*, 2009). Par ailleurs, des essais cliniques de cette plante ont révélé des propriétés hépatoprotectrices sur des dommages causés par overdose de paracétamol chez des animaux comme le rat (IR Iroh et *al*, 2009).s Bien que présentant toutes ces propriétés thérapeutiques, au grand bonheur de l'humanité, aucune étude sur la toxicité des extraits aqueux et éthanolique de cette plante n'a été réalisée à notre connaissance. Ainsi, la présente étude a pour objectif général de déterminer les composantes phytochimiques des extraits aqueux et éthanolique 70% et la toxicité des extraits aqueux de *Sida acuta* (*Malvaceae*)

## 1. Matériel et Methodes

### 1.1 Matériel

Cette étude a été initiée par le département de Biochimie-Génétique de l'université Péléforo GON COULIBALY de KORHOGO. Les différents tests ont été réalisés en collaboration avec le Laboratoire de Botanique et Valorisation de Diversité Végétale de L'Université de NANGUI ABROGOUA (Côte d'Ivoire). L'étude s'est étendue sur une durée de trois mois allant de Novembre 2023 à janvier 2024.

### 1.2. Matériel Vegetal

Le matériel végétal était constituée des parties aériennes de *Sida acuta*, récoltés à « prémaforo » un quartier de la ville de korhogo au nord de la Côte d'Ivoire. Les échantillons ont été identifiés au Centre National Fleuristique de Côte d'Ivoire (CNF).

### 1.3. Matériel Animal

Le matériel animal était constitué de 30 souris blanches de souche suisse (mâles et femelles) pesant entre 18- 20 grammes. Ces animaux sont

issus de l'animalerie de l'UFR Sciences de Nature de l'Université NANGUI ABROGOUA d'Abobo-Adjamé (Côte d'Ivoire). Toutes ces souris ont été soumises à une étude de toxicité aiguë.

## 2. Methodes

### 2.1. Préparation des extraits

Les parties aériennes de la plante ont été récoltées à l'aide d'un couteau et découpées à l'aide d'un sécateur. Les échantillons dont la taille varie de 1 à 3 mm ont été nettoyés à l'eau distillée et séchés à l'abri de la lumière pendant 14 jours, puis pulvérisés à l'aide d'un mortier en porcelaine type labo afin réduire la taille de l'ordre 0,1 à 0,9 mm.

L'extraction a été réalisée selon le protocole décrit par (Basile et *al.*, 2015). Cent grammes (100 g) de poudre de *Sida acuta* ont été dissouts et homogénéisés dans un litre d'eau distillée ou dans un litre d'une solution éthanol-eau (70/30) (extrait hydro-éthanolique) dans un Blender (Mixer) de marque Life's Superb (LS-317) à température ambiante (37°). Après double filtration successive sur du papier whatman n°2, chaque filtrat est séché à l'étuve à la température de 50°C (Kone et *al.*, 2019) et les extraits (aqueux et hydroéthanolique) sont récupérés et conservés au froid à 20°C pour les analyses.

la formule de calcul ci-dessous a été utilisée pour estimer les rendements d'extraction (R) :

$$R = \frac{m}{M} \times 100$$

**R** : Rendement

**m** : masse de poudre (gramme)

**M** : Masse extrait (gramme)

### 2.2. Caractérisation phytochimique

Les techniques de colorimétrie et de précipitation (Harborne, 1998) ont été utilisées pour identifier et caractériser les métabolites secondaires dans les différents extraits.

#### *Les Alcaloïdes*

Les alcaloïdes ont été caractérisés à partir des réactifs de Burchard (réactif iodo-ioduré) et de Dragendorff (réactif à l'iodo-bismuthate de potassium). Six (6) mL de chaque solution ont été évaporés à sec. Le résidu a été repris dans 6 mL d'alcool à 60°. L'addition de 2 gouttes du réactif de Dragendorff sur la solution alcoolique a provoqué un précipité ou une coloration orangée. L'ajout de 2 gouttes du réactif de Burchardat sur la solution alcoolique a provoqué un précipité de coloration brun-rougeâtre et indiquant une réaction positive (Mogode, 2005).

### *Les polyphénols*

A 2 mL de chaque solution d'extrait, une à deux goutte(s) d'une solution aqueuse de chlorure ferrique à 2% ont été ajoutées. La réaction positive s'est traduite par l'apparition d'une coloration bleue noirâtre ou verte plus ou moins foncée (Wagner, 1983).

### *Les quinones*

Les substances quinoniques ont été recherchées à partir du réactif de Bornstraëgen. Deux (2) mL de chacun des extraits ont été évaporés à sec. Le résidu trituré dans 5 mL d'acide chlorhydrique à 37 %. Le triturât a été versé dans un tube à essais et porté ensuite au bain-marie pendant 30 min. Après refroidissement, il a été extrait par 20 mL de chloroforme. L'ammoniaque diluée 2 fois (0,5 mL) a été ajouté à la solution chloroformique. Une coloration rouge ou violette indiquait la présence de quinones (Hegnauer, 1973).

### *Les flavonoïdes*

A 1mL de la solution d'extrait quelques gouttes de soude à 10 % ont été ajoutées. La coloration jaune-orange a caractérisé la présence de flavonoïdes (Ronchetti et Russo, 1971).

### *L'anthocyane*

A 2 mL de la solution d'extrait, 5 mL d'un acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ont été ajoutés puis 5 mL d'une base d'hydroxyde d'ammonium (NH<sub>4</sub>OH). La coloration qui s'est accentuée par acidification puis virée au bleu-violacé en milieu basique a montré la présence anthocyanes (Wagner, 1983).

### *Les tannins*

A 3 mL de chaque extrait, 1 mL de la solution aqueuse d'acétate de plomb 10% a été additionné. La formation d'un précipité bleu, bleu- noir, blanchâtre ou brunâtre a indiqué la présence de tannins (Mogode, 2005).

La recherche des tanins catéchiques a été réalisée à partir du réactif de Stiasny. Cinq (5) mL de chaque extrait ont été évaporés à sec. Après ajout de 15 mL du réactif de Stiasny au résidu, le mélange est maintenu au bain-marie à 80°C pendant 30 min. L'observation d'un précipité en gros flocons a caractérisé les tanins catéchiques. Pour les tanins galliques, la solution précédente a été filtrée et le filtrat a été recueilli et saturé d'acétate de sodium. L'addition de 3 gouttes de FeCl<sub>3</sub> a provoqué l'apparition d'une coloration bleu-noir intense, signe de la présence de tanins galliques (Hegnauer, 1973).

### *Les stérols et les Polyterpènes*

Ils ont été caractérisés par la réaction de Liebermann, Cinq (5) mL de chacun des extraits ont été évaporés sur bain de sable. Le résidu a été dissout

à chaud dans 1 mL d'anhydride acétique puis 0,5 mL d'acide sulfurique concentré au triturât. L'apparition à l'interphase, d'un anneau pourpre ou violet, virant au bleu puis au vert, a indiqué une réaction positive (Wagner, 1983).

#### *Les saponosides*

La recherche des saponosides s'est faite par utilisation du test de mousse. Il est basé sur la propriété des solutions aqueuses contenant des saponosides de donner par agitation une mousse persistante. Ainsi après agitation vigoureuse de 5mL de chaque solution dans un tube, la formation d'une mousse (hauteur supérieure à 1 cm) stable, persistante pendant 15 minutes, indique la présence abondante de saponines (Wagner, 1983).

#### *Les coumarines*

A 2 mL de chaque extrait est ajouté 0.5 mL d'une solution d'ammoniaque. La solution virant au bleu-verdâtre par lecture à la Lampe Ultraviolet (UVP) est un signe indiquant la présence des coumarines (Hegnauer, 1973).

### **2.3. Détermination de la toxicité aiguë des extraits étudiés**

L'étude de la toxicité des extraits a été réalisée suivant la méthode décrite par la ligne directrice 423 de l'OCDE de 2008 modifiée. Vingt-cinq (30) souris ont été utilisées et mises en jeûn pendant 12 heures avant les différents tests. Acclimatées pendant une semaine et logées dans des cases en aluminium avant le début de l'expérience, ces souris ont été réparties en quatre (05) lots de cinq (04) souris dont un lot témoin. Quatre doses d'extrait aqueux de *Sida acuta* ont été administrées : 5000 mg/kg, 2000 mg/kg, 1000 mg/kg et 300 mg/kg de masse corporelle. Les souris ont reçu pour chaque lot une concentration par gavage à raison de 10 mL/kg de masse corporelle. Deux heures après ingestion, elles ont été nourries normalement. Les signes cliniques de la toxicité et le nombre de mort a été également observé respectivement après 1 h, 2 h, 4 h, 12 h et 24 h, pendant 7 jours. Ainsi certains paramètres ont été calculés dont la Dose Maximale Tolérée (**DTM**), la Dose Létale 100% (**DL<sub>100</sub>**), et la Dose Létale 50% (**DL<sub>50</sub>**)

La DL<sub>50</sub> est déterminée en tenant compte de la DL<sub>100</sub> ; la moyenne de la somme des morts entre deux doses consécutives ; la différence entre deux doses consécutives et enfin la moyenne du nombre d'animaux utilisés par lot. La formule suivante de KARBER BERHENS (1935) est utilisée pour le calcul de la DL<sub>50</sub> :

$$DL_{50} = DL_{100} - \frac{\sum (a \times b)}{n}$$

**DL<sub>100</sub>** : Dose Minimale toujours mortelle

$\Sigma$  : Moyenne de la somme des morts entre doses successives

- a** : Différence entre deux Doses successives
- b** : Moyenne du nombre d'animaux utilisés par lot
- n** : Moyenne du nombre d'animaux utilisés

### 3. Resultats

#### 3.1. Rendement

Le rendement relatif à l'extraction aqueuse et éthanolique de *Sida acuta* a été respectivement de **19,90±0,3** et **15,1±0,1** % (Tableau 1)

**Tableau 1** : Rendement des différents extraits de *Sida acuta*

PLANTE	<i>Sida acuta</i>	
Extraits	Extrait éthanolique 70%	Extrait aqueux
Rendement (%)	<b>15,1±0,1</b>	<b>19,90±0,3</b>

#### 3.2. phytochimie qualitative

Le criblage phytochimique qualitatif a permis de mettre en évidence, la présence des familles suivantes : les composés azotés avec la présence des alcaloïdes, les composés phénoliques avec la présence des flavonoïdes et les terpénoïdes puis stéroïdes (Tableau 2).

**Tableau 2** : Composés bioactifs dans les différents extraits de *Sida acuta*

PLANTE	<i>Sida acuta</i>	
Extraits	Extrait éthanolique 70%	Extrait aqueux
Polyphénols	+	-
Flavonoïdes	+	-
Tanins C	-	-
Tanins G	-	-
Stéroïdes et Terpènes	+	+
Quinones	-	-
Alcaloïdes	+	-
Saponosides	-	-
Coumarine	-	-
Anthocyanes	-	-

(+) : Présence de phytomolécules

(-) : Absence de phytomolécules

#### Toxicité aiguë de l'extrait aqueux

Au regard des résultats du rendement et considérant la grande utilisation de cette plante en médecine traditionnelle, dans les villages et hameaux, sous forme de macération ou d'infusion aqueuse, alors l'étude sur la toxicité a été faite exclusivement avec l'extrait aqueux dans le présent travail.

### Détermination de la DL<sub>50</sub>

Après administration par voie orale des extraits aqueux de *Sida acuta* aux différents lots de souris de masse moyenne 20 g, aucun mort n'a été enregistré. La plus forte concentration administrée a été de 100 mg/mL à raison de 10 mL/kg de masse corporelle, équivalent à une dose de 5000 mg/kg de masse corporelle. L'absence de souris mortes après ingestion de l'extrait aux différentes doses n'a permis de calculer la DL<sub>50</sub> (Tableau 3).

**Tableau 3** : Paramètres caractéristiques de la toxicité après gavage des souris

Lots	Lot Témoin	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4
	Eau distillée	Extrait	Extrait	Extrait	Extrait
Concentration (mg/mL)	0,1	6	20	40	100
Doses (mg/kg/vo)	00	300	1000	2000	5000
Nombre de souris par lot	6	6	6	6	6
Nombre de morts	00	00	00	00	00
Mortalité (%)	00	00	00	00	00

### Evaluation des paramètres comportementaux

Les Doses administrées par voie orale jusqu'à 5000 mg/kg/vo, n'ont pas eu de changement majeur sur le comportement des souris expérimentales. Aucun signe de toxicité (diarrhée, somnolence, perte d'appétit n'a été observé (Tableau 4).

**Tableau 4** : Effet de l'extrait de *Sida acuta* sur quelques paramètres comportementaux chez la souris pendant 7 jours.

Extrait	Extrait aqueux									
	1 h	2 h	4 h	12 h	24 h	Jour 2	Jour 4	Jour 5	Jour 6	Jour 7
Accélération de la Respiration	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Agitation	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Diarrhée	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Diminution de la mobilité	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Paralysie des pattes	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Perte appetit	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Saignement buccal	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Saignement nasal	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Torsion abdominale	Tab	Tab	Tab	Tab	Tab	Tab	Tab	Tab	Tab	Tab
Tremblement	Trem	Trem	Trem	Trem	Trem	Trem	Trem	Trem	Trem	Trem
Mortalité	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0

N : Normal ; **Tab**: Torsion abdominale de l'animal ; **Trem** : Tremblement

## Discussion

Le criblage phytochimique des extraits a révélé la présence des polyphénols, les flavonoïdes, des stéroïdes et terpènes puis les alcaloïdes pour l'extrait éthanolique 70%. Quant à l'extrait aqueux, seuls, les stéroïdes et terpénoïdes ont été révélés. Ce résultat diffère de ceux obtenus par Foumane Maniepi (2022). En effet, ces chercheurs à la suite de leurs travaux, en plus des stéroïdes et terpènes ont pu montrer la présence des phénols, des flavonoïdes, des alcaloïdes et des saponines. Cette différence de composition phytochimique pourrait s'expliquer de par la nature du sol où les plantes ont été récoltées car la composition du sol aurait sans doute influencé sur la constitution non seulement minéralogique mais surtout phytochimique des plantes. Par ailleurs, l'analyse des deux extraits a révélé également la présence simultanée des stéroïdes et terpènes. En effet, ces métabolites sont reconnus pour leur activité ocytotique et ce qui justifierait l'usage de cette plante dans certains pays comme substance facilitatrice pendant l'accouchement, car responsable des spasmes musculaires au niveau de l'utérus (Orabueze et *al.*, 2016). La présence des flavonoïdes et des alcaloïdes dans l'extrait éthanolique 70% de *Sida acuta*, serait aussi un indicateur de son utilisation en accouchement car, les extraits contenant les alcaloïdes pourraient générer des contractions utérines tout comme l'ergométrine et l'ergotanine, deux alcaloïdes doués de propriétés utérines (Tansey, 2001).

Les résultats de l'étude toxicologique ont montré que la DL<sub>50</sub> de l'extrait aqueux de *Sida acuta* est supérieure à 5000 mg/kg de masse corporelle. Ainsi selon le système de classification harmonisé de l'OCDE, 2008, cet extrait pourrait être classé dans la catégorie 5 et considéré comme une substance non toxique à l'usage des êtres vivants par voie orale. Ce résultat corrobore avec ceux obtenus par Koné et *al.*, 2009. En effet, par la même méthode, ces chercheurs ont également prouvé que la DL<sub>50</sub> de l'extrait aqueux de *Sacoglottis gabonensis* est supérieure à 5000 mg/kg de masse corporelle. La DL<sub>50</sub> n'ayant pu être déterminée par faute de décès, cependant pour toutes les doses observées, les souris ont eu un comportement normal vis-à-vis des paramètres étudiés de façon générale, à l'exception d'une torsion abdominale et d'un tremblement. En effet, ces deux comportements pourraient être dus non seulement au stress involontaire affligé, mais aussi par les possibilités d'interaction dose/ absorption Hilaly et *al.*, 2004.

## Conclusion

L'analyse phytochimique des extraits aqueux et éthanolique 70% de *Sida acuta* a montré la présence simultanée des stéroïdes et terpènes au niveau des deux extraits. Mais l'extrait éthanolique 70% quant à lui, a révélé la présence des flavonoïdes, alcaloïdes et polyphénols. Ce qui par conséquent confirme l'usage de cette plante en médecine traditionnelle.

L'étude de la toxicité de l'extrait aqueux de *Sida acuta* n'a enregistré aucun décès des souris mises en expérimentation par gavage. Aussi aucun signe de trouble majeur sur le comportement des animaux n'a été observé. Ainsi, n'ayant montré aucune nocivité à l'usage expérimental, l'extrait aqueux de notre plante est donc non toxique aux doses étudiées.

**Remerciements :** Laboratoire de Botanique et Valorisation de Diversité Végétale de L'Université NANGUI ABROGOUA (Côte d'Ivoire), pour sa contribution à la mise disposition des souris ayant servi à l'étude de la toxicité. L'UFR des Sciences Biologiques de l'Université Péléforo GON COULIBALY (UPGC) de Korhogo, pour nous avoir accepté au nombre de ses Enseignants-Chercheurs.

**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 :** Département de Biochimie-Génétique UFR Sciences Biologiques de L'UPGC.

#### References:

1. DE Souza S (1988). Flore du Bénin : Noms des plantes dans les langues nationales béninoises, Tome 3, Imprimerie notre Dame. Bénin, pp, 212-424.
2. Aiyelaagbe OO (2001). Antibacterial Activity of *Jatropha multifoda* Roots. *Fitoterapia*. 72 : 544-546
3. IR Iroha et al. (2009). Evaluation of the antibacterial activity of extracts of *Sida acuta* against clinical isolates of *Staphylococcus aureus* isolated from human immunodeficiency. *Res J Pharmacol* (2), 22-25
4. Basile, A. Y., Goueh, G., Djeneb. C., & Guédé, N. Z. (2015). Etude botanique, évaluation de l'activité antifongique des feuilles de *Acanthospermum hispidum* DC., (*Asteraceae*) sur la croissance in vitro de *Candida albicans* et étude de la toxicité sur les cellules humaines HFF. *European Scientific Journal*, (30) : 225 – 237.
5. Kone et al. (2019). Phytochimic Study, Antioxidant Activity and Nutritional Interest of Extracts from Leaves of *Khaya senegalensis* (Desr) A. Juss (*Meliaceae*) Collected in the Northern Cote d'ivoire. *JPRI*, (6): 1-10,
6. Harborne JB. 1998. *Phytochemical. Method: a guide to modern technique of plants*. Third edition. London : Capman & Hall. 302p.

7. Wagner H. & Bladt S., 2001. Plant Drug Analysis: A thin Layer Chromatography Atlas (2 nd ed.). Springer, Berlin, pp. 349-364
8. Hegnauer R., 1973. Chemotaxonomie der Pflanzen, Birkhäuser Verlag, Basel, Stuttgart, 6, 761 pp.
9. Ronchetti F. & Russo G., 1971. A new alkaloid from *Rauwolfia*. Phytochem. 10: 1385-1388 Ligne directrice 423, 2008.
10. Karber, C. & Brehrens, B. (1935). Wiesind reihenversuche fur biologische Auswertungen am Zweckmässigst en Anzuordnen ? Archiv fur Experimentelle Pathologie und Pharmakologie, 177 : 379-388.
11. JSN Maniepi Foumane, V Soppo Lobe, JA Metogo Ntsama, FC Mbenga Mekoulou ; F Ngolsou, P Betoté Diboué, P Obono, M Nyangono Ndongo, Nnanga Nga, J Ze Minkandé (2021). HEALTH SCIENCES AND DISEASE : Vol. 22 No. 5 Retrieved from <https://www.hsd-fmsb.org/index.php/hsd/article/view/2731>;
12. Orabueze CI, Adeleke Adesgun S and Coker HA. 2016. Analgesic and antioxydant activities of stem bark extract and fractions of *Petersianthus macrocarpus* pharmacognosy Res. (3): 181-185.
13. Tansey E.M. 2001. Ergot to Ergometrine : An obstetric Renaissance In Women and Modern Medicine. 6 : 195-215.
14. Koné M, Bleyere NM, Yapo AP, Vangah MO, Ehilé EE 2009. Evaluation de la toxicité d'un extrait aqueux de *sacoglottis gabonensis* (Baille)Urban (*Humiriaceae*) chez les rongeurs, une plante utilisée dans le traitement de l'ulcère de Buruli en Côte d'Ivoire. Int. J. Biol. Chem. Sci., (6) : 1286-1296.
15. Hilaly JE, Israili ZH, Lyouss B, 2004. *Acuta* and chronic toxicological studies of *Ajuva Iva* in experimental animals. Journal of Ethnopharmacology, 91 : 43-50.

## Etude préliminaire de la diversité et de la structure du peuplement zooplanctonique de la rivière Okpara au Bénin

*Rafiou Raoul Thierry Gouton*

*Koudjodé Simon Abahi*

*Pierre Midogbo Gnohossou*

Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Productions Animales (LESPA), Bénin

*Hotèkpo Hervé Akodogbo*

*Fridolin Dossou-Sognon*

Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA), Bénin

*Dona Ulriche Hounou Assogba*

*Ayodélé Shola David Darius Adje*

Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Productions Animales (LESPA), Bénin

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p175](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p175)

Submitted: 25 February 2024

Accepted: 14 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Gouton R.R.T., Abahi K.S., Gnohossou P.M., Akodogbo H.H., Dossou-Sognon F., Assogba D.U.H. & Adje A.S.D.D. (2024). *Etude préliminaire de la diversité et de la structure du peuplement zooplanctonique de la rivière Okpara au Bénin*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 175. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p175>

### Résumé

La présente étude a pour objectif d'évaluer la diversité et la structure du zooplancton dans la rivière Okpara. Le zooplancton de la rivière a été identifié et la structure de sa communauté évaluée dans neuf stations sélectionnées grâce à la richesse taxonomique, à la densité, à l'indice de diversité de Shannon et l'indice d'équitabilité de Pielou. Un total de 68 espèces de zooplancton a été enregistré, réparties en trois groupes : comprenant des rotifères (57), des copépodes (07) et des cladocères (04). Le nombre d'espèces a été plus élevé dans le cours inférieur, que dans le cours supérieur et dans le cours moyen. Les rotifères représentent les groupes les plus abondant avec 78,25 % de l'abondance totale, suivis des copépodes (20,7 %) et des cladocères (1,3 %). *Keratella valga* et *Tropocyclops confinis* sont les espèces les plus

abondantes. *Mytilina* sp., *Asplanchna girodi*, *Anuraeopsis* sp., *Lepadella* sp., *Asplanchna brightwellii*, *Asplanchna navicular*, *Trichocerca* sp. et *Trichocerca tenuior* ont été enregistrés sur toutes les stations. Les valeurs moyennes d'abondance et de densité moyenne du zooplancton sont plus élevées en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Les valeurs de la richesse, de l'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité de Pielou sont plus élevées en saison pluvieuse qu'en saison sèche. La forte présence de certaines espèces indicatrices de pollution telles que *Asplanchna brightwellii*, *Brachionus angularis*, *Brachionus falcatus* pourrait indiquer la présence de polluants organiques dans la rivière. Il est donc nécessaire de mettre en place des mesures de surveillance efficaces afin de protéger la rivière de toute intrusion anthropogénique.

---

**Mots-clés:** Biodiversité, zooplancton, structure de la communauté, Rivière Okpara, Bénin

---

## **Preliminary study of the diversity and structure of the zooplankton population of the Okpara River in Benin**

*Rafiou Raoul Thierry Gouton*

*Koudjodé Simon Abahi*

*Pierre Midogbo Gnohossou*

Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Productions Animales (LESPA), Bénin

*Hotèkpo Hervé Akodogbo*

*Fridolin Dossou-Sognon*

Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA), Bénin

*Dona Ulriche Hounou Assogba*

*Ayodélé Shola David Darius Adje*

Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Productions Animales (LESPA), Bénin

---

### **Abstract**

The objective of this study was to assess the diversity and structure of zooplankton in the Okpara River. The river's zooplankton were identified and their community structure assessed at nine selected stations using taxonomic richness, density, the Shannon diversity index and the Pielou equitability index. A total of 68 species of zooplankton were recorded, divided into three groups: rotifers (57), copepods (07) and cladocerans (04). The number of species was higher in the lower reaches than in the upper and middle reaches.

Rotifers were the most abundant group with 78.25% of the total abundance, followed by copepods (20.7%) and cladocerans (1.3%). *Keratella valga* and *Tropocyclops confinis* were the most abundant species. *Mytilina* sp., *Asplanchna girodi*, *Anuraeopsis* sp., *Lepadella* sp., *Asplanchna brightwellii*, *Asplanchna navicular*, *Trichocerca* sp. and *Trichocerca tenuior* were recorded at all stations. The values for abundance and density of zooplankton are higher in the dry season than in the rainy season. The values for species richness, Shannon diversity index and Pielou equitability are higher in the wet season than in the dry season. The strong presence of certain pollution indicator species such as *Asplanchna brightwellii*, *Brachionus angularis* and *Brachionus falcatus* could indicate the presence of organic pollutants in the river. Effective monitoring measures therefore need to be put in place to protect the river from anthropogenic intrusion.

---

**Keywords:** Biodiversity, zooplankton, community structure, Okpara river, Benin

## Introduction

L'urbanisation et l'industrialisation galopantes des villes induisent une grande production des déchets solides et liquides. Dans la plupart des pays en voies de développement, ces déchets domestiques et industriels sont déversés dans les écosystèmes aquatiques sans un traitement préalable (Schwarzenbach et al., 2010 ; Owa, 2013 ; Hounkpè et al., 2017). L'apport des effluents en milieu aquatique exerce des pressions considérables sur les écosystèmes aquatiques. Ces pressions se traduisent par une dégradation de la qualité de l'eau et des habitats dont dépend la vie aquatique. Ces activités altèrent ainsi la composition des communautés biologiques présentes dans les cours d'eau, généralement en réduisant la diversité biologique de l'écosystème aquatique (Owa, 2013). Depuis des décennies, plusieurs études ont montré que le zooplancton constitue un bon bioindicateur de l'intégrité écologique des écosystèmes aquatiques (Haberman et Haldna, 2014). Le zooplancton, de par son importance dans la chaîne trophique, de sa sensibilité et sa réaction aux modifications environnementales, est utilisé pour évaluer l'impact du changement des écosystèmes (Harris et al., 2000 ; Masson et al., 2000). En effet, le zooplancton, en raison de sa position trophique, de son abondance dans les eaux douces et de son cycle de vie court, est particulièrement sensible aux variations environnementales, hydrographiques et répond rapidement aux changements des conditions de son milieu (Masson et al., 2000). C'est donc un organisme qui est fortement influencé par les conditions environnementales et pourrait être utilisé pour établir un tel lien et servir par conséquent d'outils d'évaluation de l'état de santé des écosystèmes, donc de bioindicateurs (Jakhar, 2013). La richesse, la diversité et la composition taxonomique du

zooplancton sont utilisées comme outils de gestion et de suivi environnemental de l'intégrité écologique des cours d'eau et pour tirer des conclusions sur les charges de pollution (Neto et *al.*, 2014). À cet effet, il existe des relations entre la structure, la composition des peuplements de zooplancton et les variables environnementales. Les communautés de zooplancton sont sous le contrôle multiple de facteurs écologiques, abiotiques comme : la température, la chimie des eaux (pH, oxygène), la transparence, les concentrations de nutriments (phosphore, azote) et la chlorophylle-a (Keister et *al.*, 2020 ; Kolarova et Napiórkowski, 2022 ; Zhang et *al.*, 2022). Ces facteurs contrôlent la diversité, l'abondance et la distribution des espèces, structurent les communautés de zooplancton et influencent la phénologie saisonnière du zooplancton (Azan et *al.*, 2015 ; Masson et *al.*, 2000 ; Shi et *al.*, 2020). Malgré la dégradation alarmante des cours d'eau et de l'importance du zooplancton, très peu d'études au Bénin se sont consacrées à l'étude du zooplancton. En effet, les seuls travaux portant sur le zooplancton des eaux douces sont ceux de Houssou et *al.* (2017 & 2018) dans le bassin de l'Ouémé. Cependant, notre connaissance reste toujours limitée, car aucune de ces études antérieures réalisées au Bénin, ne met en exergue la dynamique du peuplement zooplanctonique de la rivière Okpara. Il est donc important de faire l'inventaire du peuplement zooplanctonique afin de caractériser leur diversité et leur structure pour leur utilisation ultérieure dans l'appréciation de l'état écologique de cette rivière. Par conséquent, la présente étude s'évertuera de pallier cette insuffisance. Elle vise à constituer une base de données de référence pour la gestion et la conservation des écosystèmes aquatiques, à travers l'étude de la variation temporelle de la composition et la structure du peuplement zooplanctonique de la rivière Okpara.

## **Matériel et méthodes**

### **Milieu d'étude**

L'étude a été réalisée le long de la rivière Okpara, qui est un des affluents du fleuve Ouémé. La rivière Okpara située entre 8°14' - 9°45' latitude Nord et 2°35' - 3°25' longitude Est dans le département du Borgou et prend sa source à 450 m d'altitude au Sud-Ouest de Nikki à Pèrèrè. L'Okpara présente un débit irrégulier variant entre 0,0001 et 150m<sup>3</sup>/s. Il mesure 362 km environ de long avec un bassin d'une superficie totale de 10.000 km<sup>2</sup>. Son bassin, couvre en grande partie les Communes de Pèrèrè à l'Est, de Nikki au Nord-Est, de N'dali à l'Ouest, de Parakou et de Tchaourou au Sud et enfin une petite partie de la Commune de Bembèrèkè au Nord. La zone d'étude est soumise à l'influence du climat Sud-Soudanien, caractérisée par une longue saison sèche (mi-octobre à avril), suivie d'une période humide (mai à mi-septembre). La pluviométrie moyenne annuelle au cours des dix dernières années est de 1028,90 mm avec des hauteurs maximales de pluies au cours des mois d'août

et septembre. La température moyenne annuelle est de 27,92 °C. L'ensoleillement est de 2314,54 heures par an.

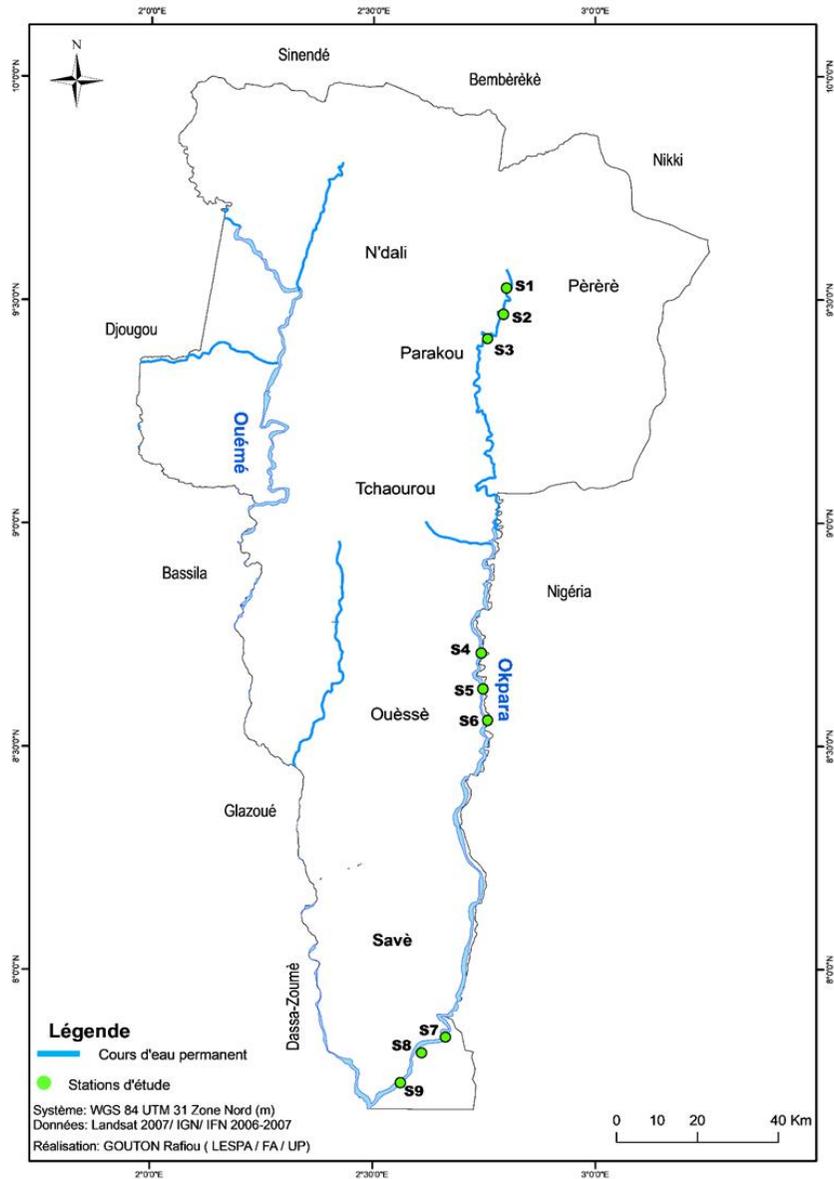


Figure 1 : Localisation de la rivière Okpara avec les stations d'étude

## Méthodologie

### Stations et nombre de campagnes d'échantillonnage

Sur la rivière Okpara, à chaque campagne neuf (09) stations ont été échantillonnées. Ces stations ont été définies selon le gradient longitudinal : trois stations (S1, S2, S3) dans le cours supérieur, trois stations (S4, S5, S6) dans le cours moyen et trois stations (S7, S8, S9) dans le cours inférieur. Les

échantillonnages du zooplancton ont été faits de 2022 à 2023 en saison pluvieuse (septembre) et en saison sèche (mars).

### **Prélèvement du zooplancton**

L'échantillonnage du zooplancton a été fait à l'aide d'un filet à plancton de vide de maille de 50 µm (Buhungu et *al.*, 2019 ; Mansour et *al.*, 2020 ; Akodogbo et *al.*, 2022). A chaque station d'échantillonnage et à une profondeur inférieure à 50 cm (Adandedjan et *al.*, 2017), 10 litres d'eau de surface ont été prélevées à l'aide d'un seau de contenance 10 litres et passées à travers le filet à plancton. L'expérience a été répétée dix fois, jusqu'à filtration d'un volume total de 100 litres d'eau (Agadjihouède et *al.*, 2011 ; Fofana et *al.*, 2020 ; Soro et *al.*, 2020). Les échantillons de zooplancton récoltés ont été introduits dans un pilulier de 150 ml. Ces échantillons ont été traités successivement par ajout de 1 à 2 mg de sucrose, 2 à 3 gouttes de rouge neutre et du formaldéhyde à 5% pour faciliter respectivement l'observation des organismes au microscope et la conservation des échantillons (Monney et *al.*, 2016 ; Fofana et *al.*, 2020). Ce protocole a été répété fidèlement sur chacune des stations d'échantillonnage. Dans le cadre de l'étude quantitative, le filet à plancton de vide de maille de 50 µm a été trainé sur une distance de 15 m afin de recueillir suffisamment de matériel biologique représentatif. Ces échantillons ont subi le même traitement comme précédemment.

### **Identification et dénombrement du zooplancton**

L'identification et le dénombrement ont été réalisés au Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Productions Animales (LESPA), au moyen d'un microscope optique et basés sur les caractères morphologiques spécifiques en utilisant les clés et ouvrages de Dussart et Defaye (2001), Fernando (2002), Kotov et *al.* (2012) et Conway (2012 & 2015). L'étude quantitative du zooplancton a été faite sur un prélèvement de 1ml d'échantillon bien homogénéisé, avec 10 répétitions (soit au total 10 ml de chaque échantillon) (Avocegan, 2019). Ceci a permis d'optimiser la qualité des résultats et d'avoir une bonne estimation de la richesse spécifique.

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

Pour caractériser la composition et la structure du peuplement zooplanctonique, les données biologiques obtenues ont servi à déterminer la richesse taxonomique et calculer les différents indices de diversité.

La densité du zooplancton (D) ou le nombre d'individus des organismes par unité de volume a été calculée avec la formule utilisée par Agadjihouede et *al.* (2010) :  $D = \frac{n}{V_1} \times \frac{V_2}{V_3}$ , avec n = la densité (exprimée en

individus par litre),  $V_1$  = volume du filtrat prélevé (10 ml),  $V_2$  = volume du filtrat concentré (volume échantillon),  $V_3$  = volume d'eau filtrée sur le terrain.

La fréquence d'occurrence (FO) des espèces a été déterminée. Elle est le rapport entre le nombre total de prélèvements contenant l'espèce prise en considération et par le nombre total de prélèvements faits. La clé de Dajoz (2000), a été utilisée pour classer les espèces : les espèces constantes ( $FO \geq 50\%$ ), les espèces accessoires ( $25\% < FO < 50\%$ ) et les espèces accidentelles ( $FO \leq 25\%$ ). Parmi les espèces accidentelles, celles qui ont moins de 5% d'occurrence sont des espèces rares. L'indice de diversité de Shannon ( $H'$ ) a été calculé selon la formule de Shannon et Weaver (1949) : ( $H' = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i$ ) ; avec  $p_i$  l'abondance relative de l'espèce  $i$  dans l'échantillon.

L'indice d'Équitabilité ( $E$ ) de Pielou (Pielou, 1969), qui est le rapport de la diversité réelle à la diversité maximale a été calculé par la formule : ( $E = H' / \log_2 S$ ) ; avec  $S$  la richesse spécifique.

Après avoir testé la normalité des données, le test statistique d'analyse de variance a été utilisé pour comparer les métriques et des indices biocénologiques entre les stations et entre les saisons à l'aide du logiciel R4.1.2 (R Core Team, 2023).

## Résultats

### Composition, richesse spécifique et fréquence d'occurrence des taxa du zooplancton de la rivière Okpara

Au total, 20 familles, 37 genres et 68 espèces de zooplancton ont été recensés dont 65 espèces en saison pluvieuse et 60 en saison sèche. Elles ont été identifiées et réparties en trois groupes (Rotifères, Copépodes et Cladocères). Quel que soit la période, le nombre d'espèces a été plus élevé dans le cours inférieur, que dans le cours supérieur et dans le cours moyen (Tableau 1).

En saison pluvieuse, *Tropocyclops confinis* du groupe des Copépodes est la plus abondante avec 15,8 % de l'abondance totale. Le groupe des rotifères est le groupe le plus diversifié avec 55 espèces (79,1 %). Les Copépodes viennent en deuxième position avec 7 espèces (18,9 %) et la troisième place est occupée par les Cladocères avec 3 espèces (2,0 %). Au sein des rotifères, le genre *Asplanchna* avec 6 espèces constitue 14,6 % de l'abondance totale et représente le genre le plus abondant des rotifères. Le genre *Asplanchna* est suivi par le genre *Brachionus* (7 espèces) et le genre *Lecane* (6 espèces) avec respectivement 9,6 % et 7,8 % de l'abondance totale. Pendant cette période, 40 espèces ont été constantes soit 61,5 % de la richesse total alors que 25 espèces constituant 38,5 % de la composition taxonomique ont été accessoires.

En saisons sèche, l'espèce *Keratella valga* (28,2 %) du groupe des rotifères et les Nauplii des copépodes (14,7%) sont les espèces les plus

abondantes. Les rotifères représentent le groupe le plus important avec 50 espèces et 77,4 % de l'abondance totale, suivi des copépodes (6 espèces ; 22,5 %) et des cladocères (4 espèces ; 0,5 %). Parmi les genres des rotifères, le genre *Trichocerca* avec 3 espèces constitue le genre le plus représentatif des rotifères avec 21 % de l'abondance totale suivi par le genre *Brahionus*, avec 8 espèces et 8,9 % de l'abondance totale. Au total, 42 espèces ont été constantes soit 70 % de la richesse totale et 18 espèces ont été accessoires soit 30 % de la composition taxonomique (Tableau 1).

**Tableau 1.** Liste des taxons zooplanctoniques récoltés dans la rivière Okpara

Taxa/Familles/Espèces	Saison pluvieuse					Saison sèche				
	CS	CM	CI	OCC	AR	CS	CM	CI	OCC	AR
<b>Cladocères</b>										
<i>Chydorus sp</i>	+	-	+	67	0,8	+	-	+	67	0,1
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	+	-	+	67	0,6	-	-	+	33	0,1
<i>Daphnia sp.</i>	-	-	+	33	0,6	-	-	+	33	0,1
<i>Moina macrocopa</i>	-	-	-	0	0,0	+	+	-	67	0,2
<b>Copépodes</b>										
<i>Calanoide sp.</i>	-	+	-	33	0,1	+	+	-	67	0,1
<i>Afrocyclus gibsoni</i>	-	+	-	33	0,4	+	+	-	67	2,9
<i>Alloocyclus chappuisi</i>	-	+	-	33	0,1	+	+	-	67	0,7
<i>Cyclops brevicornis</i>	+	-	+	67	1,2	+	+	+	100	1,6
<i>Nauplii</i>	+	-	-	33	1,3	+	+	-	67	14,7
<i>Tropocyclops confinis</i>	-	+	+	67	15,8	-	+	+	67	2,5
<b>Rotifères</b>										
Asplanchnidae										
<i>Asplanchna brightwellii</i>	+	+	+	100	3,2	+	+	+	100	0,6
<i>Asplanchna girodi</i>	+	+	+	100	3,6	+	+	+	100	0,5
<i>Asplanchna herricki</i>	+	-	+	67	1,0	-	-	+	33	0,1
<i>Asplanchna navicula</i>	+	+	+	100	3,8	+	-	+	67	0,6
<i>Asplanchna priodonta</i>	+	-	+	67	1,8	+	-	+	67	0,4
<i>Asplanchna sp.</i>	+	+	+	100	1,2	+	+	+	100	0,3
Brachionidae										
<i>Anuraeopsis sp.</i>	+	+	+	100	2,2	+	+	+	100	1,7
<i>Brachionus angularis</i>	-	+	+	67	0,5	+	+	+	100	6,0

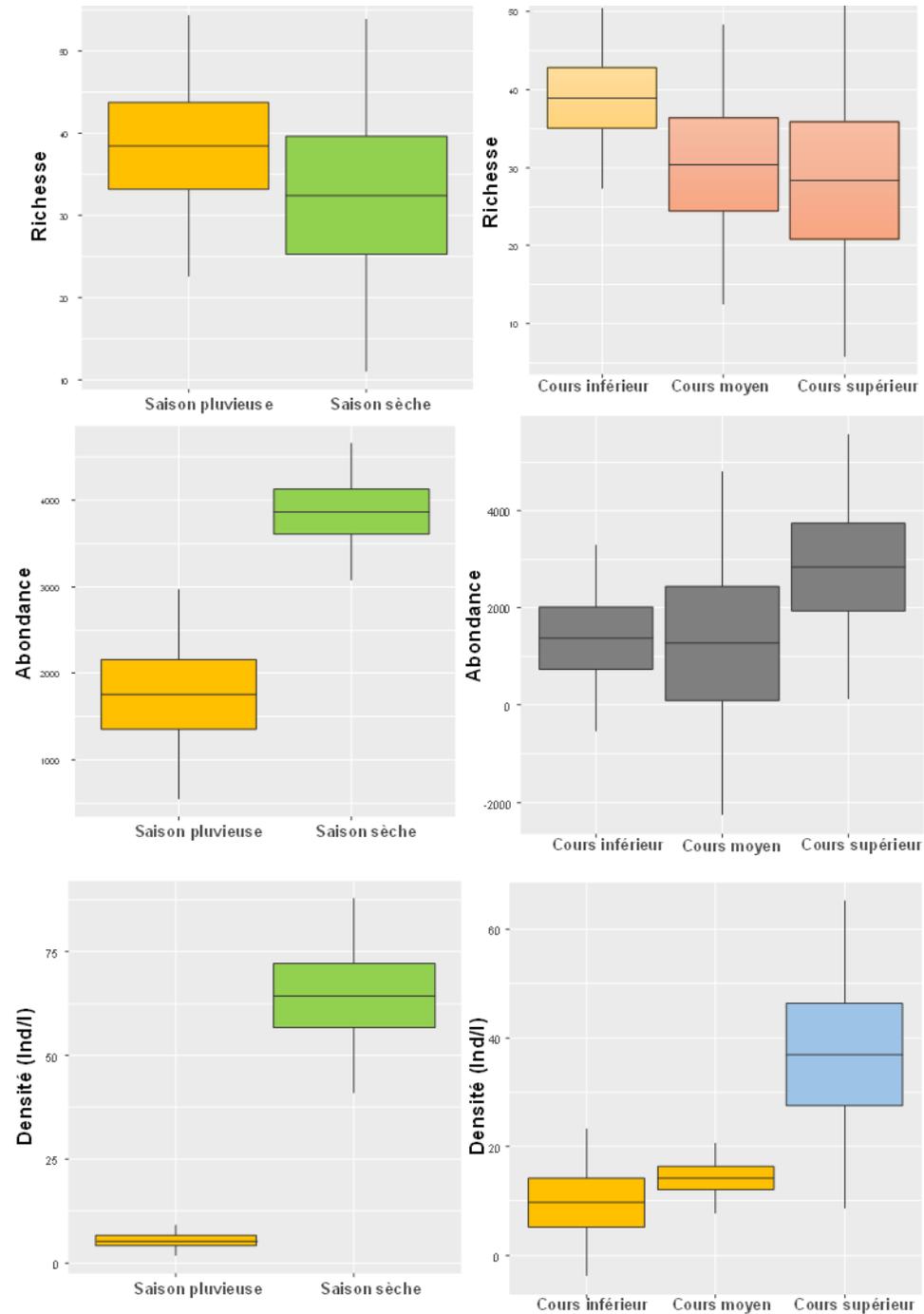
<i>Brachionus caudatus</i>	-	+	+	67	0,8	-	+	+	67	0,2
<i>Brachionus calyciflorus</i>	-	-	-	0	0,0	-	+	-	33	0,9
<i>Brachionus falcatus</i>	+	-	-	33	0,3	+	-	-	33	0,7
<i>Brachionus mirabilis</i>	+	+	+	100	3,0	+	-	+	67	0,2
<i>Brachionus plicatilis</i>	+	+	+	100	2,1	+	+	+	100	0,4
<i>Brachionus sp.</i>	+	-	+	67	0,6	+	+	+	100	0,2
<i>Brahionus quadridentatus</i>	+	+	+	100	2,3	+	-	+	67	0,3
<i>Keratella lenzi</i>	-	-	-	0	0,0	-	+	-	33	0,8
<i>Keratella tropica</i>	-	-	+	33	0,4	+	+	+	100	3,6
<i>Keratella valga</i>	-	+	+	67	0,4	+	+	+	100	28,2
<i>Platysnus patulus</i>	+	-	+	67	4,4	+	-	+	67	0,7
Epiphanidae										
<i>Epiphanes macroura</i>	-	-	+	33	0,3	-	-	+	33	0,1
Eucydopinae										
<i>Trichotria similis</i>	+	-	-	33	1,4	+	-	-	33	0,2
Habrotrochidae										
<i>Habrotrocha rosa</i>	+	-	+	67	4,2	-	-	+	33	0,5
Lecanidae										
<i>Lecane bulla</i>	+	-	-	33	0,3	+	+	-	67	0,2
<i>Lecane curvicornis</i>	-	+	+	67	0,5	-	+	+	67	0,1
<i>Lecane decipiens</i>	+	-	+	67	1,9	+	+	+	100	0,3
<i>Lecane leontina</i>	-	-	+	33	0,8	-	+	+	67	3,4
<i>Lecane luna</i>	-	-	+	33	1,3	-	-	+	33	0,3
<i>Lecane unguolata</i>	+	-	-	33	3,0	-	-	-	0	0,0
<i>Monostyla closterocerca</i>	+	+	+	100	3,6	+	+	-	67	0,1
<i>Platias quadricornis</i>	+	-	-	33	0,8	-	-	-	0	0,0
Lepadellidae										
<i>Colurella colurus</i>	+	+	+	100	0,8	-	-	+	33	0,0
<i>Colurella sp.</i>	-	+	-	33	0,1	-	-	-	0	0,0
<i>Euchlinus sp.</i>	+	-	-	33	0,8	-	-	-	0	0,0
<i>Lepadella patella</i>	-	+	-	33	0,6	+	+	-	67	0,1
<i>Lepadella ovalis</i>	-	+	-	33	0,3	-	-	-	0	0,0

<i>Lepadella sp.</i>	+	+	+	100	1,4	-	+	+	67	0,2
Lindiidae										
<i>Lindia euchromatica</i>	+	-	-	33	0,3	-	-	-	0	0,0
<i>Lindia sp.</i>	+	+	+	100	1,0	-	-	+	33	0,1
Mytilinidae										
<i>Mytilina mucronata</i>	-	-	+	33	0,4	-	-	+	33	0,1
<i>Mytilina sp.</i>	+	+	+	100	2,9	+	+	+	100	0,5
<i>Mytilina ventialis</i>	-	+	-	33	0,1	-	+	-	33	0,0
Notommatidae										
<i>Cephalodela gibba</i>	+	-	-	33	0,4	+	-	-	33	0,1
<i>Cephalodella sp.</i>	-	+	-	33	0,3	-	+	-	33	0,0
<i>Taphrocampa annulosa</i>	+	+	+	100	1,4	+	-	+	67	0,1
Philodinidae										
<i>Philodina longiceta</i>	+	+	+	100	1,6	+	-	+	67	0,3
<i>Philodina sp.</i>	-	+	+	67	1,0	+	+	+	100	0,3
Titinidae										
<i>Titinidés</i>	-	+	+	67	0,5	-	-	+	33	0,1
Scaridiidae										
<i>Scaridium longicaudum</i>	+	+	+	100	1,2	+	-	+	67	0,1
Synchaetidae										
<i>Synchaeta sp.</i>	+	+	+	100	1,2	-	-	+	33	0,0
<i>Polyarthra vulgaris</i>	-	+	+	67	1,9	+	+	+	100	0,4
Testidunellidae										
<i>Testidunella patina</i>	+	+	+	100	3,2	+	+	+	100	0,6
<i>Testudinella eupatina</i>	+	-	+	67	1,3	+	-	+	67	0,2
<i>Trichocerca similis</i>	+	+	-	67	0,9	+	+	-	67	11,2
<i>Filina opaliensis</i>	+	+	+	100	3,4	+	-	+	67	1,6
<i>Trichocerca bidens</i>	-	+	-	33	0,3	-	-	-	0	0,0
<i>Trichocerca sp.</i>	+	+	+	100	1,3	+	+	+	100	9,5
<i>Trichocerca tenuior</i>	+	+	+	100	0,8	+	+	+	100	0,3

Légende: CS= Cours supérieur ; CM= Cours moyen ; CI= Cours inférieur ; + = Présence ; - = Absence ; Occ = Occurrence; AR= Abondance relative

### **Variation spatiotemporelle de la richesse, de l'abondance et de la densité du zooplancton dans la rivière Okpara**

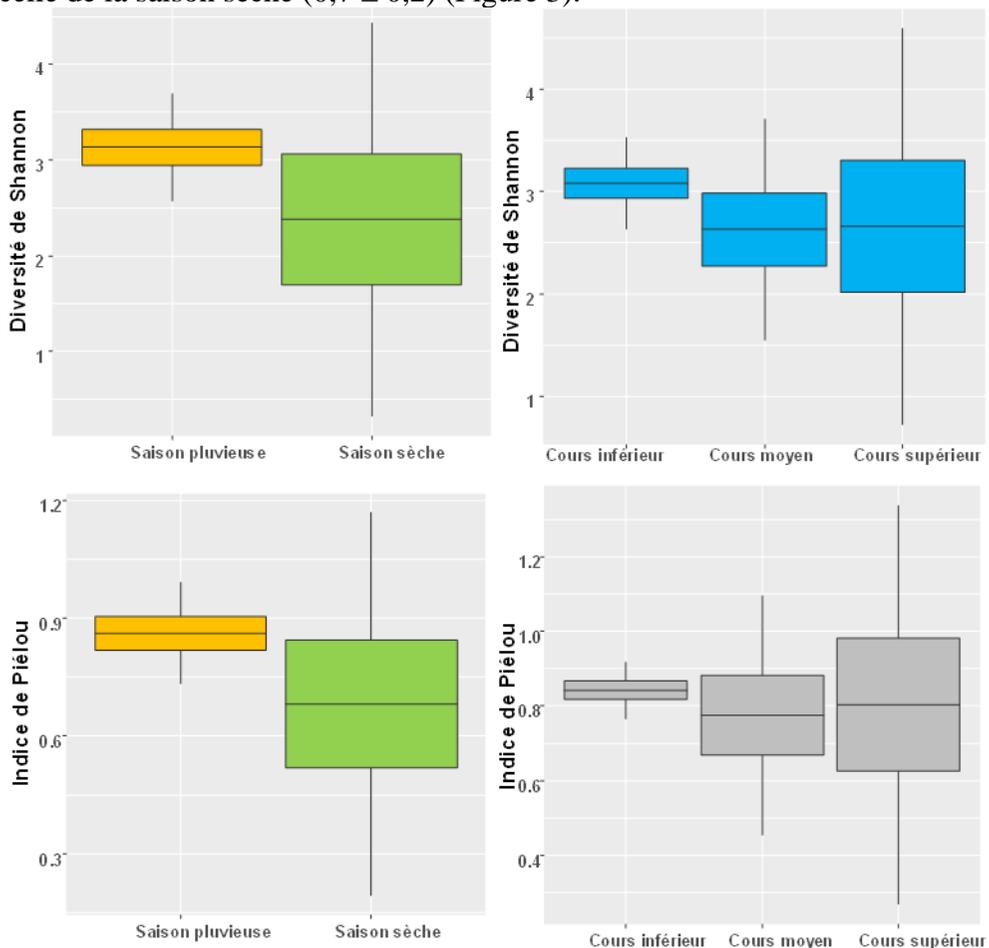
Les valeurs de richesse spécifique varient significativement entre les positions et les périodes de collecte ( $P < 0,001$ ) (Figure 2). La valeur de la richesse de la saison pluvieuse ( $38,44 \pm 5,29$ ) est significativement supérieure à celle obtenue en saison sèche ( $32,44 \pm 7,14$ ) (Figure 2). De même, la valeur de la richesse du cours inférieur ( $38,92 \pm 3,85$ ) est significativement supérieure à celle obtenue au niveau du cours moyen ( $30,42 \pm 6$ ) et du cours supérieur ( $28,33 \pm 7,52$ ) qui sont similaires (Figure 2). L'abondance varie significativement entre les périodes de collecte ( $P < 0,001$ ) alors qu'il existe aucune différence significative entre l'abondance et les positions ( $P > 0,001$ ) (Figure 2). Ainsi, la valeur de l'abondance de la saison sèche ( $3867 \pm 426,2$ ) est significativement supérieure à celle obtenue en saison pluvieuse ( $1758,56 \pm 403,11$ ) (Figure 2). Enfin, la densité varie significativement entre les périodes de collecte et les positions ( $P < 0,001$ ) (Figure 2). La valeur de la densité de la saison sèche ( $64,44 \pm 7,78$ ) est significativement supérieure à celle obtenue pendant la saison pluvieuse ( $5,44 \pm 1,23$ ) (Figure 2). La densité du cours supérieur ( $36,92 \pm 9,42$  individus/l) est significativement supérieure à celle obtenue dans les cours moyen ( $14,17 \pm 2,14$  individus/l) et inférieur ( $9,75 \pm 4,51$  individus/l) qui sont similaires (Figure 2).



**Figure 2 :** Moyenne de la richesse, de l'abondance et de la densité du zooplancton (avec 95% d'intervalle de confiance)

### Variation spatiotemporelle des indices de Shannon et de Piélou

Les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Piélou varient significativement entre les périodes de collecte ( $P < 0,001$ ) alors qu'il n'existe aucune différence significative entre ces indices et les positions ( $P > 0,001$ ) (Figure 3). En effet, les valeurs des indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Piélou du cours inférieur sont significativement égales à celles obtenues au niveau du cours supérieur et du cours moyen (Figure 3). Cependant, la valeur de l'indice de diversité de Shannon de la saison pluvieuse ( $3,01 \pm 0,2$  bits) est significativement supérieure à celle obtenue lors de la saison sèche ( $2,4 \pm 0,7$  bits) (Figure 3). De même, la valeur de l'indice de Piélou de la saison pluvieuse ( $0,86 \pm 0,04$ ) est significativement supérieure à celle de la saison sèche ( $0,7 \pm 0,2$ ) (Figure 3).



**Figure 3 :** Moyenne des indices de Shannon et de Piélou (avec 95% d'intervalle de confiance)

## Variation spatiotemporelle de la richesse et de la densité des groupes zooplanctoniques

Les richesses spécifiques et les densités moyennes des groupes de zooplancton sont présentées dans le tableau 2. Elles varient significativement entre les positions et les périodes de collecte ( $P < 0,001$ ) (Tableau 2). La richesse spécifique des rotifères au niveau du cours inférieur ( $34 \pm 3,8$ ) est significativement supérieure aux richesses des cours moyen ( $26 \pm 5,3$ ) et supérieur ( $24,8 \pm 6,8$ ) qui sont similaires. La richesse spécifique des Copépodes du cours moyen ( $4,3 \pm 1,6$ ) est significativement supérieure aux richesses des cours inférieur ( $2 \pm 0$ ) et supérieur ( $2,2 \pm 1,0$ ) qui sont similaires. La richesse spécifique des Cladocères au niveau du cours inférieur ( $3 \pm 0$ ) est significativement supérieure à celle du cours supérieur ( $1,3 \pm 0,7$ ) et du cours moyen ( $0,2 \pm 0$ ). La richesse des Cladocères ne varie point entre les périodes de collecte. La richesse des copépodes obtenue en saison sèche ( $3,6 \pm 1,5$ ) est significativement supérieure à celle obtenue pendant la saison pluvieuse ( $2,9 \pm 1,6$ ). La richesse des rotifères de la saison pluvieuse ( $34 \pm 4,5$ ) est significativement supérieure à celle obtenue pendant la saison sèche ( $27 \pm 7,4$ ). Par ailleurs, la densité des Cladocères au niveau du cours inférieur ( $0,5 \pm 0,2$  individus/l) est significativement supérieure à celle des cours supérieur ( $0,2 \pm 0,1$  individus/l) et du cours moyen ( $0,1 \pm 0$  individus/l). La densité des Copépodes des cours supérieur ( $5,6 \pm 3,7$  individus/l) et moyen ( $5,5 \pm 3,5$  individus/l) est significativement supérieure à la densité du cours inférieur ( $2,9 \pm 1,4$  individus/l). La densité des rotifères au niveau du cours supérieur ( $32 \pm 3$  individus/l) est significativement supérieure aux densités des cours moyen ( $8,7 \pm 2,3$  individus/l) et inférieur ( $7,2 \pm 3,4$  individus/l) qui sont similaires. La densité des Cladocères ne varie point entre les périodes de collecte alors que les densités des Copépodes et des Rotifères de la saison sèche sont significativement supérieures à la densité de la saison pluvieuse (Tableau 2).

**Tableau 2.** Moyenne de la richesse spécifique et de la densité des groupes zooplanctoniques récoltés (avec 95% d'intervalle de confiance)

<b>Richesse spécifique</b>				
	Groupes	Cladocères	Copépodes	Rotifères
<b>Positions</b>	Cours supérieur	$1,3 \pm 0,7^a$	$2,2 \pm 1,0^a$	$24,8 \pm 6,8^b$
	Cours moyen	$0,2 \pm 0^b$	$4,3 \pm 1,6^b$	$26 \pm 5,3^b$
	Cours inférieur	$3 \pm 0^c$	$2 \pm 0^a$	$34 \pm 3,8^a$
	Probabilité	$< 0,001$	$< 0,001$	$> 0,05$
<b>Périodes</b>	Saison pluvieuse	$1,6 \pm 1,3^a$	$2,9 \pm 1,6^b$	$34 \pm 4,5^a$
	Saison sèche	$1,6 \pm 1,1^a$	$3,6 \pm 1,5^a$	$27 \pm 7,4^b$
	Probabilité	$> 0,05$	$< 0,001$	$< 0,05$
<b>Densité</b>				
		Cladocères	Copépodes	Rotifères
<b>Positions</b>	Cours supérieur	$0,2 \pm 0,1^b$	$5,6 \pm 3,7^a$	$32 \pm 3^a$
	Cours moyen	$0,1 \pm 0,0^b$	$5,5 \pm 3,5^a$	$8,7 \pm 2,3^b$
	Cours inférieur	$0,5 \pm 0,2^a$	$2,9 \pm 1,4^b$	$7,2 \pm 3,4^b$

	Probabilité	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Périodes	Saison pluvieuse	0,2 ± 1 <sup>a</sup>	1,2 ± 0,7 <sup>a</sup>	4,2 ± 1,4 <sup>a</sup>
	Saison sèche	0,4 ± 0,3 <sup>a</sup>	15 ± 11 <sup>b</sup>	50,4 ± 5,4 <sup>b</sup>
	Probabilité	> 0,05	< 0,001	< 0,001

Dans chaque colonne du tableau, les moyennes portant la même lettre, ne diffèrent pas au seuil de 5%.

## Discussion

Le zooplancton enregistré dans cette étude est principalement constitué d'espèces cosmopolites d'eau douce qui ont été précédemment rapportées ailleurs en Afrique de l'Ouest par plusieurs auteurs tels que (Ouattara et *al.*, 2007 ; Arazu et Ogbeibu, 2017 ; Houssou et *al.*, 2017 ; Soro et *al.*, 2019 ; Souley Adamou et *al.*, 2023). Au cours de cette étude dans la rivière Okpara, 68 espèces de zooplancton ont été enregistrées et réparties en trois principaux groupes : comprenant des rotifères (57 espèces, 27 genres), des copépodes (07 espèces et 6 genres) et des cladocères (04 espèces et 4 genres). La richesse spécifique obtenue est très proche de celle rapportée par Soro et *al.* (2019) et Ouattara et *al.* (2007) avec respectivement 65 espèces et 68 espèces sur les rivières Lokpoho, Agnébi et Bia en Côte d'Ivoire. Elle reste cependant très supérieure à la richesse spécifique rapportée pour les rivières Ogba et Iyiakwu au Nigéria ; qui contiennent respectivement 25 et 27 espèces par Anyanwu et *al.* (2021) puis Anyanwu et *al.* (2022). Mais cette richesse taxonomique est plus faible que celle enregistrée par Arimoro et Oganah (2010) puis Houssou et *al.* (2017) sur la rivière Orogodo au Nigéria et dans le bassin du fleuve Ouémé au Bénin, respectivement 79 espèces et 102 espèces. En effet, la différence de richesse spécifique observée dans cette étude par rapport à celle de Houssou et *al.* (2017) serait due à la différence de méthodologie. Houssou et *al.* (2017) ont travaillé sur l'Ouémé qui est le plus grand bassin du Bénin avec un filet plancton de 20 µm et dans quinze stations alors que cette étude a été menée sur l'un des affluents de l'Ouémé avec un filet plancton de 50 µm et sur neuf stations.

La richesse enregistrée dans la rivière Okpara était plus élevée pendant l'échantillonnage à fort débit que pendant l'échantillonnage à faible débit. Houssou et *al.* (2017) puis Souley Adamou et *al.* (2023), au contraire, en étudiant le zooplancton respectivement dans le bassin de l'Ouémé et sur le fleuve Niger ont observé une richesse plus élevée pendant l'échantillonnage à faible débit que pendant l'échantillonnage à fort débit. La forte richesse du zooplancton observée en saison pluvieuse dans cette étude pourrait être due aux changements dans les ressources alimentaires disponibles et aux déplacements de nouvelles espèces. Les mouvements de débit peuvent augmenter les populations de zooplancton de manière indirecte, car les communautés locales réagissent à l'augmentation de la disponibilité de

nourriture causée par les événements de débit (Ning et al., 2013). Les poussées de zooplancton augmentaient également la richesse taxonomique des communautés locales de zooplancton, dont les effets peuvent durer jusqu'à un mois après l'écoulement (Shiel et al., 2006 ; James et al., 2008 ; Ning et al., 2013). L'inondation des banques d'œufs de zooplancton et leur transport vers l'aval pendant les événements de débit peuvent expliquer une grande partie des augmentations observées dans la concentration de zooplancton au cours (Jenkins et Boulton, 2003). Ainsi, les crues contribuent à l'apport dans les milieux de nouvelles espèces. Ceci explique la présence des espèces telles que *Trichocerca bidens*, *Lindia euchromatica*, *Lepadella ovalis*, *Euchlinus sp.*, *Colurella sp.*, *Platias quadricornis* et *Lecane unguolata* dans la rivière que pendant la saison pluvieuse.

En outre, les études précédentes sur le zooplancton faites par Houssou et al. (2017) dans le bassin de l'Ouémé, par Souley Adamou et al. (2023) sur le fleuve Niger, par Soro et al. (2019) et Ouattara et al. (2007) sur les rivières Lokpoho, Agnébi et Bia en Côte d'Ivoire puis par Arimoro et Oganah (2010) sur la rivière Orogodo au Nigéria, rapportent que les rotifères sont les communautés les plus dominantes. Nos résultats sont en adéquation avec ces études antérieures. Quelle que soit la période de collecte les rotifères étaient le groupe dominant et diversifié avec 55 espèces (79,1 % de l'abondance totale) et 50 espèces (77,4 % de l'abondance totale) respectivement en saison pluvieuse et en saison sèche. Comme beaucoup d'autres études antérieures dans les eaux douces du Bénin, du Niger de la Côte d'Ivoire et du Nigéria, les membres de ce phylum sont les plus abondants comme rapporté par Houssou et al. (2017) ; Souley Adamou et al. (2023) ; Soro et al. (2019) ; Ouattara et al. (2007) et Arimoro et Oganah (2010). La forte prédominance et la diversité des rotifères observées au niveau de la rivière Okpara sont dues à leur temps de développement très court, à leur reproduction parthénogénétique qu'ils pratiquent dans des conditions favorables et au caractère anthropisé de la rivière Okpara qui serait caractérisée par une forte présence de matières organiques, conséquence directe de fortes activités anthropiques. Ces observations sont identiques à celles rapportées par Fernando (2002) ; Badi et al. (2010) ; Azevêdo et al. (2015) et Shah et al. (2015). Ainsi, la structure du zooplancton observée suggère que les conditions climatiques nutritionnelles sur la rivière Okpara sont identiques à celles d'un milieu eutrophe. Ces observations sont identiques à celles rapportées par Tchaou et al. (2019) et Biao et al. (2021) lors de leurs travaux sur les macroinvertébrés sur la même rivière et témoignent d'un niveau trophique élevé dans la rivière (Agadjihouede et al., 2016).

De plus, les Brachionidae étaient la famille la plus diversifiée (13 espèces appartenant à 04 genres), tandis que le genre *Brachionus* présentait la plus grande diversité (07 espèces : *Brachionus angularis*, *B. caudatus*, *B.*

*calyciflorus*, *B. falcatus*, *B. mirabilis*, *B. plicatilis*, et *B. quadridentatus*). La prépondérance qualitative des Rotifères avec Brachionidae et Brachionus comme famille et genre les plus diversifiés corroborent les observations rapportées dans les eaux douces du Bénin (Houssou et al., 2017), de la Côte d'Ivoire (Soro et al., 2019 ; Ouattara et al., 2007), du Niger (Souley Adamou et al., 2023), du Nigeria (Arimoro et Oganah, 2010 ; Adadu et al., 2019). Il est largement admis que les taxons Brachionidae et Brachionus sont majoritaires et régulièrement rencontrés dans les eaux tropicales eutrophes en raison de leur grande tolérance à l'eutrophisation, et sont associés aux eaux hyper-eutrophes et considérés comme de bons bioindicateurs de l'eutrophisation (Dorgham, 2014). La dominance des rotifères dans la rivière Okpara est également liée aux genres *Lecane* (06 espèces : *Lecane bulla*, *L. curvicornis*, *L. decipiens*, *L. leontina*, *L. luna* et *L. unguolata*) ; *Asplanchna* (05 espèces : *A. brightwellii*, *A. girodi*, *A. herricki*, *A. navicular*, *A. priodonta*) ; *Trichocerca* (03 espèces : *Trichocerca similis*, *T. bidens* et *T. tenior*) et *Keratella* (3 espèces : *Keratella Lenzi*, *K. tropica*, et *K. valga*). Ces genres des rotifères ont été rapportés comme les genres les plus représentatifs retrouvés dans les cours d'eau eutrophes (Gutierrez et al., 2020). Les rotifères sont généralement plus résistants aux déficits en oxygène que les crustacés (Dimante-Deimantovica et al., 2012) et des expériences en laboratoire ont montré que l'hypoxie prolonge la durée de vie des rotifères (Snell et al., 2019 ; Karpowicz et al., 2020). La présence des espèces comme *Asplanchna brightwelli*, *Brachionus angularis*, *Brachionus falcatus* enregistrées dans la rivière au cours de l'étude confirme que le milieu est eutrophe. Ce résultat traduit l'existence de certaines activités anthropogéniques autour de la rivière et cette présence pourrait indiquer que le cours d'eau contient des polluants organiques (Singh et al., 2013). Ceci est cohérent avec le résultat enregistré dans d'autres écosystèmes fortement affectés par l'homme (De Paggi et Devercelli, 2011). En revanche, *Ceriodaphnia cornuta* était le seul cladocère exclusif. Ce genre a été documenté comme l'un des indicateurs les plus constants de l'eutrophisation dans de nombreux systèmes aquatiques (García-García et al., 2012 ; Gutierrez et al., 2020).

Enfin, le nombre d'individus par litre reste très faible, caractéristique des zones tropicales alors que la plus faible abondance de zooplancton enregistrée pendant la saison humide pourrait être due à la prédation. Ces observations sont identiques à celles rapportées par Daewel et al. (2014). La communauté zooplanctonique est relativement bien diversifiée pendant la saison pluvieuse et moins diversifiée pendant la saison sèche. La grande richesse spécifique coïncide donc avec la plus forte diversification de la population. Le pic d'abondance du zooplancton enregistré pendant la saison sèche coïncide avec la période d'abondance du phytoplancton qui sert de producteur primaire. Puisque, la température et la disponibilité de la nourriture

sont les facteurs les plus importants qui contrôlent l'abondance du zooplancton dans l'eau (Cottingham et *al.*, 2004 ; Cremona et *al.*, 2020). Les régimes de température plus élevés pendant la saison sèche, associés à un niveau élevé de nourriture dans l'eau résultant d'une forte productivité primaire (phytoplancton), peuvent être à l'origine des populations élevées de zooplancton (Strecker et *al.*, 2008 ; Gray et *al.*, 2021).

En ce qui concerne les valeurs de l'indice de Shannon et de Pielou, il n'existe aucune différence significative entre les valeurs des indices de diversité de Shannon et de l'équitabilité de Pielou et les positions. Les espèces du cours supérieur, du cours moyen et du cours inférieur ont la même diversité et la même abondance. Les communautés de zooplancton présentes le long du profil longitudinal de la rivière Okpara sont généralement similaires et ont des abondances identiques dans le peuplement. Ceci est confirmée par la forte valeur de l'indice d'équitabilité de Pielou tournant autour de 0,8 enregistrée le long du profil longitudinal et dénote de l'importance du courant d'eau sur la distribution des espèces le long de la rivière. Toutes les espèces présentes en amont sont systématiquement drainées vers l'aval. Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon varient entre 1,30 et 3,4. L'indice de diversité de Shannon adopté par Simboura et Zenetos (2002) et Tanimu et *al.* (2012) ont révélé que la diversité des espèces et l'état de pollution du système aquatique sont classés comme suit :  $0 < H' \leq 1,5$  milieu très pollué ;  $1,5 < H' \leq 3$  milieu fortement pollué ;  $3 < H' \leq 4$  milieu modérément pollué ;  $4 < H' \leq 5$  zones de transition et  $H' > 5$  sites de référence. Sur la base de cette classification, les eaux de la rivière Okpara varient de modérément polluée à très polluée.

## Conclusion

La présente étude fournit les premières informations sur la variation spatiotemporelle de la diversité et de la structure du zooplancton de la rivière Okpara. Le zooplancton de la rivière Okpara est composé de 68 espèces dont 57 rotifères, 07 copépodes et 04 cladocères. Cette communauté est marquée par l'abondance des rotifères (78,25 %), suivie par les copépodes (20,7 %) et les cladocères (1,3 %). Les résultats indiquent que la période humide a été associée à une augmentation de la richesse taxonomique du zooplancton dans la rivière Okpara avec la présence de nouvelles espèces en période humide. Cette étude a également révélé la forte présence des espèces indicatrices de pollution telles que *Asplanchna brightwelli*, *Brachionus angularis*, *Brachionus falcatus* ; ce qui illustre la présence de polluants organiques dans la rivière. Il urge alors la mise en place d'un programme de biosurveillance de la qualité écologique des eaux de cette rivière.

**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. Adadu, M.O., Omeji, S., Garba, A.A. (2019). Seasonal diversity and abundance of zooplankton community index in river Okpokwu, Benue state, Nigeria. *Int. J. Fish. Aquat. Stud.* 7(5), 217–223.
2. Adandedjan, D., Makponse, E., Hinv, L.C., & Laleye, P. (2017). Données préliminaires sur la diversité du zooplancton du lac Nokoué (Sud-Bénin). *J. Appl. Biosci.* 115, 11476–11489.
3. Agadjihouede, H., Ahouansou Montcho, S., Montchowui, E., Bonou, C.A., & Lalèyè, P. (2016). Composition et abondance du peuplement zooplanctonique des étangs piscicoles du périmètre rizicole de Malanville au Nord-Est Bénin. *Bull. Rech. Agron. Bénin Numéro spécial Agronomie, Société, Environnement & Sécurité Alimentaire*, 70–78.  
[http://www.slire.net/download/2346/8\\_me\\_article\\_brab\\_brab\\_n\\_sp\\_cial\\_projet\\_niche-ben-174\\_-\\_ao\\_t\\_2016.pdf](http://www.slire.net/download/2346/8_me_article_brab_brab_n_sp_cial_projet_niche-ben-174_-_ao_t_2016.pdf)
4. Agadjihouède, H., Bonou, A.C., Montchowui, E., & Laleye, P. (2011). Recherche de la dose optimale de fiente de volaille pour la production spécifique de zooplancton à des fins piscicoles. *Cah. Agric.* 20 (4), 247–260.
5. Agadjihouede, H., Bonou, C.A., Chikou, A., & Laleye, P. (2010). Agadjihouède H, Bonou CA, Chikou A and Lalèyè P : 2010. Production comparée de zooplancton en bassins fertilisés avec la fiente de volaille et la bouse de vache. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(2): 432-442.
6. Akodogbo, H.H., Demondji, M.M., Abahi, K.S., Guezo, N.C., & Fiogbe, E.D. (2022). Effet des déjections animales sur la performance de culture de la Daphnie en monoculture. *J. Rech. Sci. L'Université Lomé* 24 (3-4), 137–147.
7. Anyanwu, E.D., Adetunji, O.G., & Umeham, S.N. (2021). Water quality and zooplankton community of the Eme River, Umuahia, Southeast Nigeria. *Limnol. Freshw. Biol.* 5,1186-1194.
8. Anyanwu, E.D., Orjikwe, C.J., & Chinasa, P.O. (2022). Water Quality and Zooplankton Assessment of Iyiwaku River, Southeast Nigeria. *Ekológia Bratisl.* 41 (1), 9–16.
9. Arazu, V.-D.N., & Ogbeibu, A.E. (2017). The composition, abundance and distribution of zooplankton of River Niger at Onitsha Stretch,

- Nigeria. *Anim. Res. Int.* 14(1), 2629–2643.  
<https://www.ajol.info/index.php/ari/article/view/155214>
10. Arimoro, F.O., & Oganah, A.O. (2010). Zooplankton community responses in a perturbed tropical stream in the Niger Delta, Nigeria. *Open Environ. Biol. Monit. J.* 3(1), 1-11.
  11. Avocegan, T.T. (2019). Données préliminaires sur la diversité des organismes zooplanctoniques dans le milieu marin au Bénin : Port de Cotonou et Akpakpa. Rapport de fin de formation en vue de l'obtention du Diplôme de Licence Professionnelle. Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC), Abomey-Calavi, 38p.
  12. Azan, S., Arnott, S.E., & Yan, N.D. (2015). A review of the effects of *Bythotrephes longimanus* and calcium decline on zooplankton communities — can interactive effects be predicted? *Environ. Rev.* 23 (4), 395–413.
  13. Azevêdo, D.J.S., Barbosa, J.E.L., Gomes, W.I.A., Porto, D.E., Marques, J.C., & Molozzi, J. (2015). Diversity measures in macroinvertebrate and zooplankton communities related to the trophic status of subtropical reservoirs: contradictory or complementary responses? *Ecol. Indic.* 50, 135–149.
  14. Badsì, H., Ali, H.O., Loudiki, M., El Hafa, M., Chakli, R., & Aamiri, A. (2010). Ecological factors affecting the distribution of zooplankton community in the Massa Lagoon (Southern Morocco). *Afr. J. Environ. Sci. Technol.* 4(11), 751-762.  
<https://www.ajol.info/index.php/ajest/article/view/71345>
  15. Biaou, S., Gouissi, F., Abahi, K., Adje, D., H., A., & Gnohossou, P. (2021). Contribution à l'inventaire des macroinvertébrés benthiques de la rivière Okpara au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Revue Scientifique de l'Environnement de l'Université de Lomé (Togo). J. Rech. Sci. Univ. Lomé* 18, 93–112.
  16. Buhungu, S., Montchowui, E., Sibomana, C., Barankanira, E., Ntakimazi, G., & Bonou, C.A. (2019). Diversité et abondance zooplanctoniques de la rivière Kinyankonge (Bujumbura, Burundi) en relation avec les variables environnementales. *Ann. Sci. Agron.* 23(1),1-20.  
[https://www.researchgate.net/publication/328615800\\_Diversite\\_et\\_abondance\\_zooplanctoniques\\_de\\_la\\_riviere\\_Kinyankonge\\_Bujumbura\\_Burundi\\_en\\_relation\\_avec\\_les\\_variables\\_environnementales](https://www.researchgate.net/publication/328615800_Diversite_et_abondance_zooplanctoniques_de_la_riviere_Kinyankonge_Bujumbura_Burundi_en_relation_avec_les_variables_environnementales)
  17. Conway, D.V.P. (2015). Marine zooplankton of southern Britain. Part 3: Ostracoda, —Stomatopoda, Nebaliacea, Mysida, Amphipoda, Isopoda, Cumacea, Euphausiacea, Decapoda, Annelida, Tardigrada, Nematoda, Phoronida, Bryozoa, Entoprocta, Brachiopoda,

- Echinodermata, Chaetognatha, Hemichordata and Chordata. Marine Biological Association of the United Kingdom 271 pp.
18. Conway, D.V.P. (2012). Marine zooplankton of southern Britain. Part 1 : Radiolaria, Heliozoa, Foraminifera, Ciliophora, Cnidaria, Ctenophora, Platyhelminthes, Nemertea, Rotifera and Mollusca. Marine Biological Association of the United Kingdom 138 pp.
  19. Cottingham, K.L., Glaholt, S., & Brown, A.C. (2004). Zooplankton Community Structure Affects How Phytoplankton Respond to Nutrient Pulses. *Ecology* 85, 158–171.
  20. Cremona, F., Agasild, H., Haberman, J., Zingel, P., Nöges, P., Nöges, T., & Laas, A. (2020). How warming and other stressors affect zooplankton abundance, biomass and community composition in shallow eutrophic lakes. *Clim. Change* 159, 565–580.
  21. Daewel, U., Hjøllø, S.S., Huret, M., Ji, R., Maar, M., Niiranen, S., Travers-Trolet, M., Peck, M.A., & van de Wolfshaar, K.E. (2014). Predation control of zooplankton dynamics: a review of observations and models. *ICES J. Mar. Sci.* 71, 254–271.
  22. Dajoz, R. (2000). *Précis d'écologie*. Dunod, Paris, France, 615 p.
  23. De Manuel, J. (2000). The rotifers of Spanish reservoirs: ecological, systemetical and zoogeographical remarks. *Liinnetica*, 19, 91-167.
  24. De Paggi, S.B.J., & Devercelli, M. (2011). Land Use and Basin Characteristics Determine the Composition and Abundance of the Microzooplankton. *Water. Air. Soil Pollut.* 218, 93–108.
  25. Dimante-Deimantovica, I., Skute, A., & Skute, R. (2012). Vertical variability of pelagic zooplankton fauna in deep Latvian lakes, with some notes on changes in ecological conditions. *Est. J. Ecol.* 61 (4), 247-264.
  26. Dorgham, M.M. (2014). Effects of Eutrophication, in: Ansari, A.A., Gill, S.S. (Eds.), *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*. Springer Netherlands, Dordrecht, 29–44.
  27. Durand, J.R., & Lévêque, C. (1981). *Flore et faune aquatique de l'Afrique sahélo-soudanienne*, Tome 1 et Tome II. ORSTOM. I.R.D. France. 873 p.
  28. Dussart, B.H., & Defaye, D. (2001). Introduction to the Copepoda (2<sup>nd</sup> ed.) *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World*, 16: 1-344 (Backhuys Publishers, Leiden).
  29. Fernando, C.H. (2002). *A guide to tropical freshwater zooplankton: Identification, Ecology and impact on fisheries*. Backhuys Publishers, Leiden, 290 p.
  30. Fofana, N.M., Etile, R.N., Konan, A.Y., Yao, S.S., & Bi, G.G. (2020). Impact Of Anhropisation On Spatio-Temporal Variations and

- Zooplanktonic Population: Example Of Bongouanou Withdrawals (West Africa, Cote-D'ivoire). *European Scientific Journal, ESJ*, 16(30),187-210.
31. García-García, P.L., Martínez-Jerónimo, F., Vázquez, G., Favila, M.E., & Novelo-Gutiérrez, R. (2012). Effects of land use on water quality and *Ceriodaphnia dubia* reproduction. *Hidrobiológica* 22(3), 229–243. <https://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v22n3/v22n3a5.pdf>
  32. Gray, D.K., Elmarsafy, M., Vucic, J.M., Teillet, M., Pretty, T.J., Cohen, R.S., & Huynh, M. (2021). Which physicochemical variables should zooplankton ecologists measure when they conduct field studies? *J. Plankton Res.* 43, 180–198.
  33. Gutierrez, M.F., Simões, N.R., Frau, D., Saigo, M., & Licursi, M., (2020). Responses of stream zooplankton diversity metrics to eutrophication and temporal environmental variability in agricultural catchments. *Environ. Monit. Assess.* 192, 792.
  34. Haberman, J., & Haldna, M. (2014). Indices of zooplankton community as valuable tools in assessing the trophic state and water quality of eutrophic lakes: long term study of Lake Vörtsjärv. *J. Limnol.* 73 (2), 263-273.
  35. Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H.-R., & Huntley, M. (2000). *ICES zooplankton methodology manual*, Academic Press. ed. Elsevier, London and New York. 684 p
  36. Hounkpè, J.B., Kelome, N.C., Lawani, R.A.N., & Adechina, A. (2017). Etat des lieux de la pollution des écosystèmes aquatiques du Bénin (Afrique de l'ouest). *Larhyss J.*, 30, 149-171. <http://www.larhyss.net/ojs/index.php/larhyss/article/view/507>
  37. Houssou, A. M., Montchowui, E., & Bonou, C.A. (2017). Composition and structure of zooplankton community in ouémé river basin, republic of Benin. *J. Entomol. Zool. Stud.* 5 (6), 36–344.
  38. Houssou, A.M., Bonou, C.A., & Montchowui, E. (2018). *Brachionus falcatus* and *Platyias patulus* indicating organic pollution in Ouémé River's basin, Republic of Benin. *Int. J. Aquat. Biol.* 6 (5), 258–264. <http://ij-aquaticbiology.com/index.php/ijab/article/view/465>
  39. Jakhhar, P. (2013). Role of phytoplankton and zooplankton as health indicators of aquatic ecosystem: A review. *Int. J. Innov. Res. Study* 2(12), 489–500.
  40. James, C.S., Thoms, M.C., & Quinn, G.P. (2008). Zooplankton dynamics from inundation to drying in a complex ephemeral floodplain-wetland. *Aquat. Sci.* 70, 259–271.
  41. Jenkins, K.M., & Boulton, A.J. (2003). Connectivity in a dryland river: short-term aquatic microinvertebrate recruitment following floodplain inundation. *Ecology* 84, 2708–2723.

42. Karpowicz, M., Ejsmont-Karabin, J., Kozłowska, J., Feniova, I., & Dzialowski, A.R. (2020). Zooplankton Community Responses to Oxygen Stress. *Water* 12, 706.
43. Keister, J.E., Winans, A.K., & Herrmann, B. (2020). Zooplankton Community Response to Seasonal Hypoxia: A Test of Three Hypotheses. *Diversity* 12(21), 16p.
44. Kolarova, N., & Napiórkowski, P. (2022). How Do Specific Environmental Conditions in Canals Affect the Structure and Variability of the Zooplankton Community? *Water* 2022, 14, 979.
45. Kotov, A.A., Jeong, H.G., & Lee, W. (2012). Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) of the south-east of the Korean Peninsula, with twenty new records for Korea. *Zootaxa*, 3368:50-90, ISSN 1175- 5334 (online Edition).
46. Mansour, A.F., El-Naggar, N.A., El-Naggar, H.A., Zakaria, H.Y., & Abo-Senna, F.M. (2020). Variations temporelles et spatiales de la distribution du zooplancton dans le port oriental, Alexandrie, Egypte. *Egypt. J. Aquat. Biol. Fish.* 24, 421–435.
47. Masson, S.B., Pinel-Alloul, B., & Smith, V.H. (2000). Total phosphorus-chlorophyll a size fraction relationship in southern Québec lakes. *Limnol. Oceanogr.* 45 : *Limnol. Oceanogr. Bull.* 45, 732–740.
48. Monney, I.A., Ouattara, I.N., Etilé, R.N., Maryse N’guessan Aka, Bamba, M., & Koné, T. (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). *J. Appl. Biosci.* 98, 9344–9353.
49. Neto, A.J.G., da Silva, L.C., Saggio, A.A., & Rocha, O. (2014). Zooplankton communities as eutrophication bioindicators in tropical reservoirs. *Biota Neotropica* 14 (4),1-12.
50. Ning, N.S.P., Gawne, B., Cook, R.A., & Nielsen, D.L. (2013). Zooplankton dynamics in response to the transition from drought to flooding in four Murray–Darling Basin rivers affected by differing levels of flow regulation. *Hydrobiologia* 702 (1), 45–62.
51. Ouattara, I.N., Ouattara, A., Koné, T., N’douba, V., & Gourène, G., (2007). Distribution Du Zooplancton Le Long De Deux Petits Bassins Côtiers Ouest Africains (Bia Et Agnebi; Côte d’Ivoire). *Agron. Afr.* 19(2), 197–210.
52. Owa, F.D. (2013). Water Pollution: Sources, Effects, Control and Management. *Mediterr J Soc Sci.* 4 (8), 65–68.
53. Pielou, E.C. (1969). An introduction to mathematical ecology. Wiley Intersci. N. Y. 13:131-144.

54. Pourriot, R., & Francez, A.J. (1986). Rotifères Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises 8, Bulletin Mensuel de la Société Linnéenne de Lyon, 6 : 1-27.
55. R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, R Core Team, Vienna, Austria. Version 4.1.2. Available at: <http://www.R-project.org>
56. Schwarzenbach, R.P., Egli, T., Hofstetter, T.B., Von Gunten, U., & Wehrli, B. (2010). Global water pollution and human health. *Annu Rev Environ Resour* 35: 109–136.
57. Shah, J.A., Pandit, A.K., & Shah, G.M. (2015). A Research on Rotifers of Aquatic Ecosystems of Kashmir Himalaya for Documentation and Authentication. *Proc. Natl. Acad. Sci. India Sect. B Biol. Sci.* 85, 13–19.
58. Shannon, C.E., & Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. Urbana, IL: University of Illinois Press. 117p.
59. Shi, Y., Wang, J., Zuo, T., Shan, X., Jin, X., Sun, J., Yuan, W., & Pakhomov, E.A. (2020). Seasonal changes in zooplankton community structure and distribution pattern in the Yellow Sea, China. *Front. Mar. Sci.* 7 (391), 14 p.
60. Shiel, R.J., Costelloe, J.F., Reid, J.R.W., Hudson, P., & Powling, J. (2006). Zooplankton diversity and assemblages in arid zone rivers of the Lake Eyre Basin, Australia. *Mar. Freshw. Res.* 57, 49–60.
61. Simboura, N., & Zenetos, A. (2002). Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index. *Mediterr. Mar. Sci.* 3, 77–111.
62. Singh, U.B., Ahluwalia, A.S., Sharma, C., Jindal, R., & Thakur, R.K. (2013). Planktonic indicators: A promising tool for monitoring water quality (Earlywarning signals). *Ecol. Environ. Conserv.* 19(3), 793–800.
63. Snell, T.W., Johnston, R.K., & Jones, B.L. (2019). Hypoxia extends lifespan of *Brachionus manjavacas* (Rotifera). *Limnetica*, 38(1), 159–166.
64. Soro, T., Etilé, R., & Gooré Bi, G. (2020). Variation de l'abondance des nauplii de copépodes et influence des variables environnementales sur leur développement dans les eaux du Haut-Bandama (Côte d'Ivoire). *Rev. Sci. L'Eau /Journal Water Sci.* 32 (4), 421–431.
65. Soro, T.A., Etilé, R.N., Bi, G.G., & Aboua, B.R.D. (2019). Etude préliminaire du peuplement zooplanctonique dans le bassin du haut-Bandama (Cote d'Ivoire). *Agron. Afr.* 31(3), 305–319. <https://www.ajol.info/index.php/aga/article/view/194623>

66. Souley Adamou, H., Alhou, B., Tackx, M., & Azémar, F. (2023). Zooplankton distribution and community structure as a function of environmental variables in the Niger River and its tributaries in Niger. *Afr. J. Aquat. Sci.* 48(1), 49–63.
67. Strecker, A.L.S.L., Milne, R.M., & Arnott, S.E.A.E. (-2008). Dispersal limitation and climate-related environmental gradients structure microcrustacean composition in freshwater lakes, Ellesmere Island, Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65(9), 1905-1918.
68. Tanimu, Y., Tiseer, F.A., Ati, O.F., & Ezealor, A.U. (2012). Survey of phytoplankton in the Bauchi and Yobe states segments of the Hadejia-Nguru wetlands, northeastern Nigeria. *Ecologia* 2(4), 114–122.
69. Tchaou, C.M., Gouissi, F.M., Abahi, K., Adje, A.S.D.D., Orou Piami, Z., Okoya, J.G.A., & Gnohossou, M.P. (2019). Contribution of macroinvertebrates to leaf breakdown in the Okpara River, Bénin. *Egypt. J. Aquat. Biol. Fish.* 23(4), 107–116.
70. Zebaze, S.H.T. (2000). Biodiversité et dynamique des populations zooplanctoniques (ciliés, rotifères, cladocères, copépodes) du Lac Municipal de Yaoundé (Cameroun), Thèse de Doctorat de Troisième Cycle, Univ. Yaoundé I, Cameroun, 175 p.
71. Zhang, Z., Shi, Z., Yu, Z., Zhou, K., Lin, J., Wu, J., & Mu, J. (2022). Spatio-Temporal Variations of Zooplankton and Correlations with Environmental Parameters around Tiaowei Island, Fujian, China. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 19(19), 12731, 14 p.

## **Impact de la restauration des zones dégradées sur la diversité floristique de la forêt classée d'Agbo 2 (Centre-Est de la Côte d'Ivoire)**

*Youssouf Koné*

Doctorant à l'école doctorale Biologie, Environnement et Santé,  
Université Félix Houphouët-Boigny, (Cocody-Abidjan), Côte d'Ivoire

*Sopie Cybèle Doffou, Docteur*

Université Félix Houphouët-Boigny, (Cocody-Abidjan), Côte d'Ivoire

*Kouassi Kouadio, Professeur Titulaire*

Laboratoire de Botanique, UFR Biosciences,  
Université Félix Houphouët-Boigny, (Cocody-Abidjan), Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p200](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p200)

Submitted: 09 April 2024

Accepted: 04 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Koné Y., Doffou S.C. & Kouadio K. (2024). *Impact de la restauration des zones dégradées sur la diversité floristique de la forêt classée d'Agbo 2 (Centre-Est de la Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 200.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p200>

### **Résumé**

La présente étude, menée dans la forêt classée d'Agbo 2 d'une superficie de 4705 hectares, est située au Centre-Est de la Côte d'Ivoire. Cette étude a pour objectif d'améliorer les connaissances sur la valeur écologique de la forêt classée d'Agbo 2. Pour ce faire, 47 dispositifs d'échantillonnage surfaciques ont été installés et des inventaires itinérants ont été réalisés. Ces deux méthodes ont permis de recenser 121 espèces végétales dont 13 sont des espèces vulnérables inscrites sur la liste rouge de l'UICN. La flore du stade mature des plantations de Teck et de Gmélina ressemble à celle des forêts enrichies avec le Fraké, qui ajoutée aux forêts enrichies avec le Bété sont similaires floristiquement avec les forêts naturelles. De parmi les zones restaurées, les forêts enrichies en espèces locales (Bété et Fraké) sont plus riches et plus diversifiées que les plantations avec les espèces exotiques (Teck et Gmélina). Les forêts dégradées et les zones de restauration abritent des espèces qui doivent être pris en considération lors des études, car elles représentent un écosystème avec une large gamme d'espèces ayant

d'importantes valeurs pour le bien-être des populations. La restauration des espaces dégradés par enrichissement serait la méthode appropriée pour un retour à la végétation originelle.

---

**Mots-clés:** Zones dégradées, reboisement, diversité floristique, valeur écologique, forêt classée d'Agbo 2, Côte d'Ivoire

---

## **Impact of the restoration of degraded areas on the floristic diversity of the Agbo 2 classified forest (Est-Central of Côte d'Ivoire)**

*Youssouf Koné*

Doctorant à l'école doctorale Biologie, Environnement et Santé,  
Université Félix Houphouët-Boigny, (Cocody-Abidjan), Côte d'Ivoire

*Sopie Cybèle Doffou, Docteur*

Université Félix Houphouët-Boigny, (Cocody-Abidjan), Côte d'Ivoire

*Kouassi Kouadio, Professeur Titulaire*

Laboratoire de Botanique, UFR Biosciences,  
Université Félix Houphouët-Boigny, (Cocody-Abidjan), Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

This study was carried out in the 4705-hectare Agbo 2 classified forest in central-eastern Côte d'Ivoire. The aim of the study was to improve knowledge of the ecological value of the Agbo 2 classified forest. To do this, 47 surface sampling devices and carrying out itinerant inventories. These two methods were used to identify 121 plant species, 13 of which are vulnerable species on the IUCN red list. The flora of the mature stage of Teak and Gméline plantations resembles that of forests enriched with Fraké, which, in addition to forests enriched with Bété, are floristically similar to natural forests. Among the restored areas, the forests enriched with local species (Bété and Fraké) are richer and more diverse than the plantations with exotic species (Teak and Gméline). Degraded forests and restoration areas harbor species that should be taken into account in the studies, as they represent an ecosystem with a wide range of species with important values for the well-being of populations. Restoring degraded areas by enrichment would be the appropriate method for a return to the original vegetation.

---

**Keywords:** Degraded areas, reforestation, floristic diversity, ecological value, Agbo 2 classified forest, Côte d'Ivoire

---

## Introduction

Les forêts représentent une source importante d'apport de services et de bien-être pour les êtres vivants. Une grande partie des populations des pays en voie de développement, environ 1,6 milliard de personnes utilisent les ressources forestières pour divers usages : soins médicaux, moyens de subsistances, sources d'énergie et de nutriments et constructions (Koduru *et al.*, 2007; Pradheep *et al.*, 2016; Koech *et al.*, 2021). En outre, des études ont montré qu'environ 350 millions de personnes riveraines des massifs forestiers y dépendent directement pour leur subsistance, et de plus 20 à 25% de leurs revenus proviennent des ressources forestières (Chao, 2012 ; Angelsen *et al.*, 2014). De plus, le taux de populations vulnérables n'ayant pas un accès immédiat aux centres de santé et utilisant les produits forestiers pour les soins a connu une augmentation au cours de ces dernières décennies (FAO, 2020a; Kimengsi *et al.*, 2022).

En dépit de leur importance pour le bien-être des populations, la survie des espèces animales et végétales qui y dépendent, les écosystèmes forestiers, au cours de ces dernières années, ont diminué considérablement à un rythme alarmant. En effet, ces écosystèmes subissent depuis des décennies de fortes pressions anthropiques. En Afrique, la déforestation n'a cessé d'augmenter au cours de ces dernières décennies (Hansen *et al.*, 2013), et particulièrement les forêts d'Afrique subsaharienne, qui aujourd'hui, sont parmi les plus menacées (Aleman *et al.*, 2017). La Côte d'Ivoire faisant partie des pays d'Afrique subsaharienne, a connu une déforestation « exponentielle ». Elle qui abritait aux premières heures de son indépendance 16 millions d'hectares de forêts naturelles, est passée de 7 850 864 hectares en 1990 à 3 401 146 hectares en 2015, puis à 2,97 millions d'hectares de forêt naturelle en 2021 (IFFN, 2021). Ce pays anciennement connu comme pays forestier se retrouvent avec la disparition de 90% de sa superficie forestière, au cours de ces 60 dernières années (N'guessan, 2018). Pour freiner cette déforestation et dégradation presque irréversible du couvert forestier ivoirien, des Parcs Nationaux et des Forêts Classées ont été créés pour préserver et protéger ces reliques forestières afin de sauvegarder la biodiversité (Soto-Navarro *et al.*, 2020; Griscom *et al.*, 2017). La forêt classée d'Agbo 2 (FCA 2), comme les autres forêts classées de la Côte d'Ivoire, sont gérées par la Société de Développement des forêts (SODEFOR). Cette structure a pour mission principale la protection, la restauration et la gestion rationnelle et de façon durable les forêts classées. Malheureusement, depuis sa création en 1938, la FCA 2 subie de fortes pressions anthropiques entraînant un taux de déforestation et de dégradation assez élevé causé par la croissance démographique galopante dans le périmètre de celle-ci et la raréfaction des terres agricoles.

Pour pallier à cette situation alarmante, la SODEFOR a réalisé des travaux de reboisement avec des espèces exotiques Teck (*Tectona grandis*

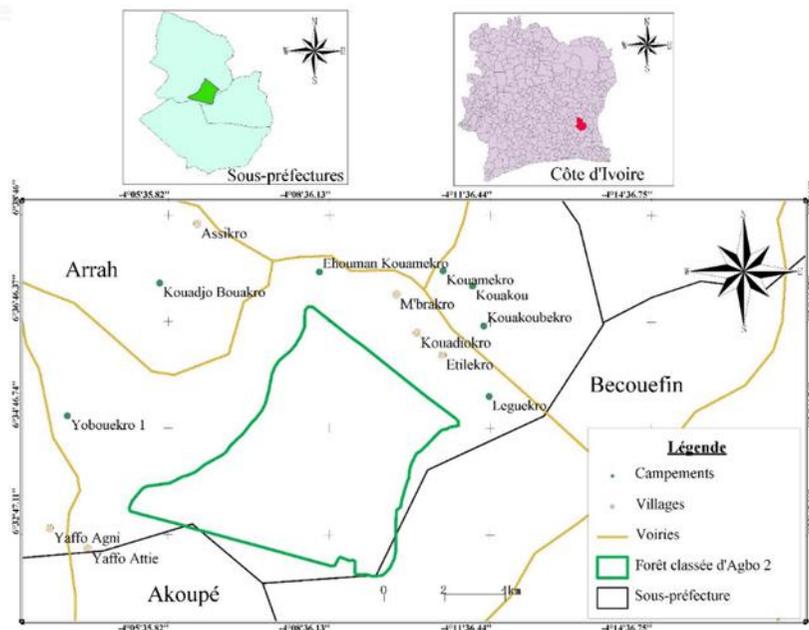
Linn.f.), Gmélina (*Gmelina arborea* Roxb.), Cedrela (*Cedrela odorata* L.) et indigènes Fraké (*Terminalia superba* Engl. & Diels), Bété (*Mansonia altissima* (A. Chev.) A. Chev.), Framiré (*Terminalia ivorensis* A.Chev.) dans les zones dégradées de la forêt classée d'Agbo 2. Malgré les efforts fournis par la SODEFOR pour la restauration des zones dégradées de cette forêt, les études abordant la reconstitution forestière et les valeurs écologiques sont limitées. Or, de telles études permettront aux gestionnaires de disposer de bases de données fiables pour mieux planifier les stratégies de gestion durable de ladite forêt. Ainsi, cette étude s'est-elle fixée comme objectif principal d'améliorer les connaissances sur la valeur écologique de la forêt classée d'Agbo 2. De manière spécifique, il s'agit : (1) de déterminer la composition floristique des zones anciennement reboisées; (2) d'évaluer la diversité quantitative des zones anciennement reboisées et (3) de déterminer la valeur écologique de la forêt classée d'Agbo 2.

## **Matériel et méthodes d'étude**

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

La forêt classée d'Agbo 2, d'une superficie de 4 705 hectares, est située au Centre-Est de la Côte d'Ivoire, à cheval entre les départements d'Akoupé et d'Arrah, entre 6°40'31,4" et 6°25'28,2" de latitude Nord et 3°54'31,7" et 3°52'10,6" de longitude Ouest (Figure 1). La zone d'étude présente un climat de type subéquatorial de transition, caractéristique des régions tropicales (Bonin, 1974). La variation des niveaux de précipitations au cours de ces quatre saisons (Climate-Data.org, 2017) s'élève à 115 mm, avec une température moyenne annuelle de 26,2 °C pour une humidité relative de 75% (INPROBOIS, 2013). La FCA 2 appartient au secteur mésophile du domaine guinéen avec une végétation de type forêt dense humide semi-décidue à canopée ouverte (Aubréville, 1958). Selon Guillaumet & Adjanohoun (1971) les espèces prépondérantes dans la forêt classée d'Agbo 2 sont *Celtis* Spp. (Cannabaceae), *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. (Malvaceae), *Nesogordonia papaverifera* (A. Chev.) Cap. (Malvaceae) et *Khaya ivorensis* A. Chev. (Meliaceae) et une savane incluse caractérisée par les espèces telles que *Ficus sur* Forssk. (Moraceae), *Imperata cylindrica* (L.) Raeusch. (Poaceae), *Nauclea latifolia* Sm. (Rubiaceae), etc. s'y rencontrent.

Les travaux de reboisement dans la FCA 2 ont débuté en 1992 avec l'enrichissement de certaines zones dégradées avec les plants de Fraké et de Framiré. Ensuite, des plantations de Teck, de Cedrela et de Gmélina ont été installées et récemment des zones dégradées ont été enrichies avec le Bété.



**Figure 1:** Localisation de la forêt classée d'Agbo 2

La population de la zone d'étude était de 99 683 en 2014 et d'après le dernier recensement, elle est estimée à 124 690 (INS-RGPH 2014; 2021). Les principales activités dominantes et sources de revenus primaires des populations dans cette zone sont principalement basées sur les cultures de rentes telles que le café, le cacao, le palmier à huile et l'hévéa. Pour les sources de revenus secondaires et pour l'autoconsommation, elles cultivent la banane plantain, le gombo, du maïs, du riz, de l'aubergine, l'igname et le manioc.

### Collecte de données

Dans cette étude, cinq formations végétales ont fait l'objet d'inventaire floristique dans la FCA 2. Ils s'agissent des portions de forêts naturelles dont l'âge est estimé à plus de 86 ans considérées comme témoin, des portions de forêts enrichies avec le Fraké (32 ans), des portions de forêts enrichies avec le Bété (27 ans), des reboisements monospécifiques de Teck et de Gméline (10-20 ans). Pour chacun des 5 biotopes, un dispositif d'échantillonnage de 0,5 ha de superficie, soit un rectangle de 100 m x 50 m a été installée. À l'intérieur de ce dispositif, toutes les espèces arborescentes ont été identifiées et les individus de diamètre à hauteur de poitrine supérieure ou égale 5 cm ont été dénombrés. Au total 47 dispositifs d'échantillonnage correspondant à une superficie de 23,5 ha, ont été installées et inventoriées dont 10 en forêts naturelles, 09 en forêts enrichies avec *Mansonia altissima* (A. Chev.) A. Chev. (Malvaceae) ou Bété, 08 en forêts enrichies avec *Terminalia superba* Engl. & Diels (Combretaceae) ou Fraké, 10 dans les plantations de *Tectona grandis*

Linn.f. (Lamiaceae) ou Teck et 10 dans les plantations de *Gmelina arborea* Roxb. (Lamiaceae) ou Gméline. Les 8 et 9 dispositifs d'échantillonnage installés, respectivement, dans les forêts enrichies avec le Fraké et le Bété sont liés au peu de portions de forêts enrichies avec ces espèces.

## **Analyse de données**

### **Richesse floristique**

Au cours de cette étude, la flore des zones anciennement reboisées a été établie. L'analyse qualitative (Familles, Genres, Espèces) a été réalisée à partir de la liste floristique établie pour chacun des différents biotopes considérés de la forêt classée d'Agbo 2. La nomenclature adoptée pour l'identification des espèces est celle de Aké Assi (2021 ; 2022) et les familles botaniques ont été actualisées en adoptant la classification de Angiosperm Phylogen Group IV (APG IV, 2016).

### **Types biologiques**

La classification des types de biologiques de Raunkier (1934) a été adoptée. Les principaux types sont les suivants : les mégaphanérophytes (MP), grands arbres d'au moins 30 m de hauteur ; les mésophanérophytes (mP), arbres moyens de 10 à 30 m de hauteur ; les microphanérophytes (mp), arbustes de 4 à 10 m de hauteur ; les nanophanérophytes (np), arbustes de 0,4 à 4 m de hauteur, les liannes microphanérophytes (Lmp) et les épiphytes (Ep).

### **Affinité chorologique**

Les affinités chorologiques des espèces dans les milieux ont été élaborées. Il s'est agi de cartographier la répartition géographique inventoriées. En effet, chaque espèce est inféodée à une région phytogéographique (White, 1986), à savoir la région Guinéo-Congolaise (GC), les régions de transition Guinéo-Congolaise et Soudano-Zambéziennes (GC-SZ), la région phytogéographique Soudano-Zambézienne (SZ) et les espèces exotiques ou introduites (I).

### **Espèces menacées**

L'importance de conservation et de protection de la flore d'un territoire donné s'apprécie à travers la détermination des espèces menacées. Ainsi, la liste floristique établi pour la FCA 2 a été confronté à la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature UICN (2024). La catégorie d'espèces considérées dans cette étude a concerné les espèces Vulnérables (VU).

## Diversité floristique

Plusieurs indices ont été utilisés pour évaluer la diversité floristique dans les biotopes rencontrés dans la FCA 2.

- Indice de diversité de Shannon-Weaver

L'indice de Shannon (1948) est utilisé pour évaluer la diversité d'un site. Cet indice permet de définir la composition en espèces d'un peuplement en combinant l'abondance relative des espèces et la richesse spécifique (Felfili *et al.*, 2004). La formule mathématique de l'indice de Shannon est :  $H' = -\sum (Ni/N) \ln (Ni/N)$  (1).

La valeur de cet indice est comprise normalement entre 0 et 5 bits (Magurran, 1988). Lorsque la valeur est égale à 0, le peuplement est caractérisé par une seule espèce.

Si  $0 < H' \leq 2,5$ , H est supposé faible. C'est le cas des parcelles où l'on note des phénomènes de dominance d'un petit nombre d'espèces sur l'ensemble des espèces du peuplement.

Si  $2,6 \leq H' \leq 3,9$  : la diversité est moyenne et si  $4 \leq H' \leq 6$ , l'indice est élevé : c'est le cas des parcelles où toutes les espèces tendent vers une équiprobabilité et caractérise une parfaite biodiversité. Ce type de communauté offrent les conditions favorables à l'installation d'un grand nombre d'espèces dans les proportions quasi-égales, susceptible de se maintenir durablement (Yabi *et al.*, 2013; Adou Yao, 2005).

- Indice de diversité de Simpson

L'indice de diversité de Simpson (DS) permet de rendre compte de l'abondance d'une ou de quelques espèces. Cet indice est fortement dépendant du nombre d'espèces rares (**Simpson, 1949**). De forte valeur de DS est élevée met en évidence l'hétérogénéité donc une forte diversité du milieu. Sa formule mathématique est :

$$DS = 1 - S (Ni (Ni - 1)) / (N (N - 1)) \quad (2)$$

- Indice de diversité de Piélou

L'indice d'équitabilité Piélou (1966) permet de faire la description de la répartition des effectifs des individus entre les différentes espèces d'un peuplement ou communauté donné (Wala *et al.*, 2005). Cet indice résulte du rapport entre l'indice de Shannon de l'échantillon et la diversité maximale. Plusieurs études ont montré que cet indice permet de signifier la dominance d'une espèce dans un espace donné (Huston, 1994; Dajoz, 2006; Frontier *et al.*, 2008). Sa formule est la suivante:

$$E = H' / \ln S \quad (3)$$

E représente l'équitabilité ;

$H'$  l'indice de Shannon-Weaver ;

S le nombre total d'espèces sur une parcelle.

Lorsque la valeur tend vers 0 traduit qu'une ou très peu d'espèces domine largement et évidemment toutes les espèces ont la même abondance que cette valeur est égale à 1 (Frontier *et al.*, 2008).

- Indice de similarité de Sorensen

Le coefficient de Sorensen (1949) permet de mesurer la diversité  $\beta$ , et de caractériser objectivement et quantitativement, le degré de ressemblance entre deux relevés ou biotopes. Deux habitats sont dits similaires lorsque le coefficient est supérieur ou égal à 50%, Dans le cas contraire, il n'y a pas de dissemblance floristique entre les parcelles concernées. Le coefficient de similitude a pour formule mathématique :

$$Cs = [2C / (a+b)] \times 100 \quad (4)$$

Dans cette formule, "a" désigne le nombre d'espèces du milieu A, b " est celui du milieu B et c désigne le nombre d'espèces communes aux deux milieux écologiques.

### **Valeur écologique des biotopes étudiés**

Profil de Renyi ( $H\alpha$ )

Le profil de diversité de Renyi ( $H\alpha$ ) a été appliqué, dans cette étude, pour déterminer la valeur écologique des cinq biotopes considérés à savoir les forêts naturelles, les forêts enrichies avec le Bété, les forêts enrichies avec le Fraké, les plantations de Teck et les plantations de Gmélima. Il a l'avantage de mieux apprécier la richesse et la diversité des écosystèmes et s'appuie sur 100 paramètres aléatoires (Legendre & Legendre, 1998) où l'échelle  $\alpha$  est substitué en indices de diversité. Dans cet indice, la valeur faible de  $\alpha$  indique la richesse spécifique et la valeur forte donne des informations sur l'abondance des espèces dans les milieux. Ainsi, sur le tracé du profil,  $\alpha = 0$  correspond à la richesse spécifique,  $\alpha=1$  est lié à l'indice de diversité de Shannon,  $\alpha = 2$  est relatif à l'indice de Simpson et  $\alpha = \infty$  correspond à l'indice de Berger-Parker (Legendre & Legendre, 1998). Un biotope est floristiquement riche et plus diversifié lorsque sa courbe de profil est au-dessus et qu'elle ne s'intercepte pas en tous lieux avec les courbes de profils des autres biotopes (Kindt *et al.*, 2006).

### **Analyses de données**

Pour la comparaison des valeurs moyennes de la diversité des différents biotopes, l'Analyse de la variance (ANOVA) a été utilisée. L'application de ce test statistique nécessite la vérification des conditions de normalité (Test de Shapiro-Wilk) et d'homogénéité des variances (Test de Bartlett). Dans le cas où ces deux conditions sont acceptées ( $p \geq 0,05$ ),

l'ANOVA est réalisée et une comparaison deux à deux des biotopes a été réalisée à travers un test post-hoc. Par contre, lorsqu'une des conditions n'est pas valide, l'on a eu recours au test non-paramétrique de Kruskal-Wallis suivi du test de comparaison de Bonferroni afin de comparer les biotopes deux à deux.

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R version 4.3.2 sous son interface RStudio version 2023.12.1. Les packages suivants ont été utilisés: Rcmdr pour avoir une interface d'analyses de données statistiques, puis Biodiversity R pour le calcul des indices de diversité et le profil de diversité Rényi. Le diagramme de Venn a été réalisée sur le lien suivant : <https://bioinformatics.psb.ugent.be/webtools/Venn/>. Cet outil permet de dresser la liste des espèces communes et distinctes aux biotopes.

## Résultats

### Composition floristique de la forêt classée d'Agbo 2

Les inventaires floristiques (relevés de surfaces et itinérants) réalisés dans les biotopes considérés de la forêt classée d'Agbo 2 ont permis de dénombrer 2 525 individus d'arbres. Ces arbres appartiennent à 121 espèces végétales qui sont réparties entre 87 genres et 33 familles botaniques. Dans ces biotopes, les Fabaceae (22 espèces) sont les plus représentées avec un taux de 19,81%, suivie de la famille des Malvaceae (14 espèces, soit un taux de 13,21%). Enfin, la famille des Meliaceae (10,38%) et des Moraceae (9,43%) avec respectivement 12 et 11 espèces végétales (Figure 2).

Les genres les plus représentés par ordre décroissante du nombre d'espèces sont *Ficus* (7 espèces), *Trichilia* (5 espèces) et *Entandrophragma* (4 espèces).

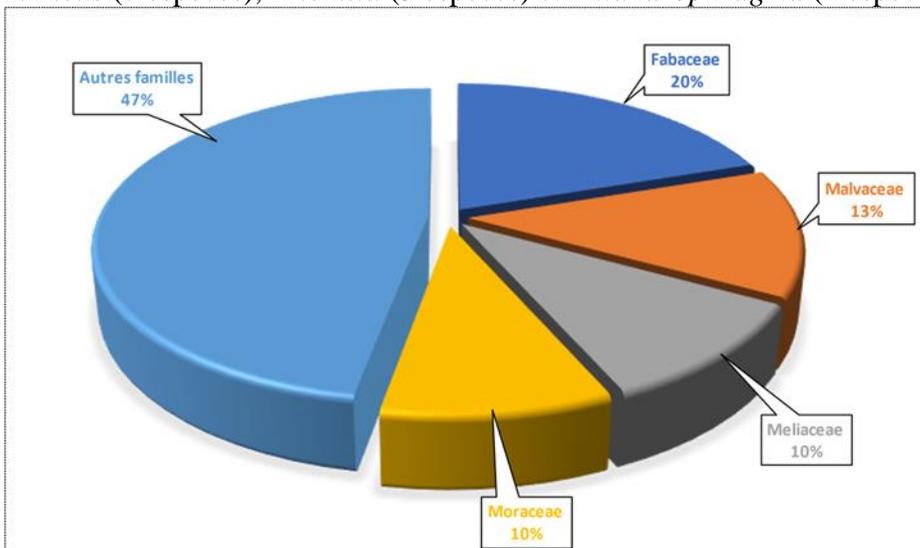


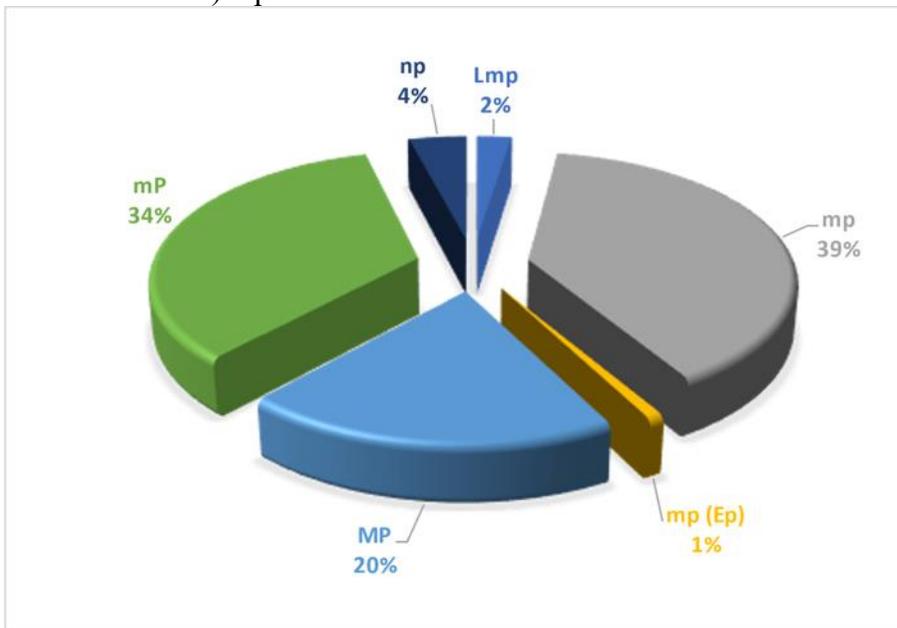
Figure 2: Spectre des familles botaniques la forêt classée d'Agbo 2

### Types biologiques des espèces listées dans les biotopes

Les espèces inventoriées dans les biotopes considérés appartiennent en majorité aux microphanérophytes avec 48 espèces, soit 40% (Figure 3). Ils sont suivis des mésophanérophites avec 42 espèces (soit 34%) et ensuite les mégaphanérophites (24 espèces ; 20% de l'effectif total). Les parcours pédestres ont permis de recenser trois espèces de lianes microphanérophytes que sont *Lantana camara*, *Nauclea latifolia* et *Xylia evansii* et une espèce d'épiphyte (*Ficus sagittifolia*).

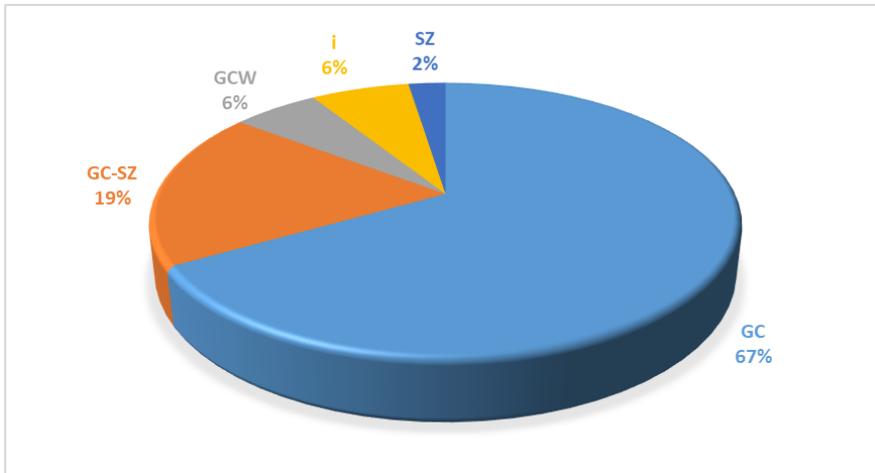
### Affinités chorologiques des espèces rencontrées dans les biotopes étudiés de la forêt classée d'Agbo 2

La figure 4 montre une importance des espèces de la région Guinéo-Congolaise (GC) qui est de 67%. Les espèces qui appartiennent à la transition forêt-savane ou communément liaison Guinéo-Congolaise et Soudano-Zambézienne (GC-SZ) représentent 19% de l'ensemble des espèces inventoriées. Les espèces Guinéo-Congolaise endémiques Ouest-africaines (GCW) et celles introduites (i) ont une proportion identique (6%). Les espèces Soudano-Zambésiennes avec 3 espèces (*Bombax buonopozense*, *Ficus ingens* et *Trichilia emetica*) représentent 2% de l'effectif total.



**Figure 3:** Spectre des types biologiques de la flore de la FCA 2

mp : microphanérophyte, mP : mésophanérophite, np : nanophanérophite, MP : mégaphanérophite, Lmp : Lianes microphanérophytes ; mp (Ep) : microphanérophytes épiphytes



**Figure 4:** Répartition des affinités chorologiques dans la forêt classée d'Agbo 2  
GC : Espèces de la Guinéo-Congolaise, GC-SZ : Espèces de la région de transition Guinéo-Congolaise et Soudano-Zambézienne, SZ : Espèces de la région phytogéographique Soudano-Zambézienne et I : Espèces exotiques ou introduites (White, 1986)

### Espèces menacées selon l'UICN

Les inventaires réalisés dans la FCA 2 a permis de recenser 13 espèces Vulnérables de la liste rouge de l'UICN (Tableau 1). La famille des Meliaceae compte le plus grand nombre d'espèces (06 espèces), soit un taux de 46,15% de cette liste. Ensuite, viennent les Malvaceae et les Fabaceae avec chacune 02 espèces, soit 15,38%.

### Diversité floristique des biotopes inventoriés dans la FCA 2

Les forêts enrichies avec le Bété sont les formations végétales les plus riches avec 70 espèces inventoriées par rapport aux trois autres biotopes qui comptent, 31 espèces pour les forêts enrichies avec le Fraké, 20 espèces pour les plantations de Gméline et 8 espèces pour les plantations de Teck (Tableau 2). En revanche, la richesse spécifique des forêts enrichies avec le Bété est semblable à celle des forêts naturelle (témoin) qui comptent 71 espèces recensées. Les résultats de l'analyse statistique montrent que la valeur moyenne spécifique et celles des indices de diversité de ce biotope sont différentes de celles des trois autres ( $P < 0,05$ ). Par contre, les valeurs moyennes des indices considérés des forêts enrichies avec le Bété sont statistiquement identiques à celles des forêts naturelles (témoin). En considérant les trois autres biotopes, les forêts enrichies avec le Fraké présentent une richesse spécifique totale et des valeurs moyennes des indices de diversité statistiquement différentes de celles des plantations de Gméline et de Teck (Tableau 2). L'on constate aussi une différence significative entre les paramètres étudiés des plantations de Gméline et de Teck (Tableau 2).

**Tableau 1:** Liste des espèces menacées de disparition inscrites sur la liste rouge de l'UICN (2024) dans la FCA

Espèces	Familles botaniques	Statuts écologiques UICN (2024)
<i>Azelia africana</i> Sm. ex Pers.	Fabaceae	VU
<i>Albizia ferruginea</i> (Guill. & Perr.) Benth.	Fabaceae	VU
<i>Cordia platythyrsa</i> Bak.	Cordiaceae	VU
<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C DC.	Meliaceae	VU
<i>Entandrophragma candollei</i> Harms	Meliaceae	VU
<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sprague) Sprague	Meliaceae	VU
<i>Entandrophragma utile</i> (Dawe & Sprague) Sprague	Meliaceae	VU
<i>Guarea cedrata</i> (A. Chev.) Pellegr.	Meliaceae	VU
<i>Khaya anthotheca</i> (Welw.) C. DC.	Meliaceae	VU
<i>Milicia regia</i> (A. Chev.) Berg.	Moraceae	VU
<i>Nesogordonia papaverifera</i> (A. Chev.) Cap.	Malvaceae	VU
<i>Pterygota macrocarpa</i> K. Schum.	Malvaceae	VU
<i>Terminalia ivorensis</i> A.Chev.	Combretaceae	VU

Légende : VU = Vulnérable

**Tableau 2:** Comparaison des valeurs totales et moyennes des indices de diversité des biotopes considérés de la FCA 2

Biotopes	Richesse Spécifique totale	Valeurs moyennes de la richesse spécifique	Valeurs moyennes de l'indice de Shannon	Valeurs moyennes de l'indice de Simpson	Valeurs moyennes de l'indice de Piélu
Forêts naturelles (témoin)	71	53 ± 1,05 <sup>a</sup>	2,31 ± 0,042 <sup>a</sup>	0,73 ± 0,00072 <sup>a</sup>	0,19 ± 0,0042 <sup>a</sup>
Forêts enrichies avec le Bété	70	52 ± 2,14 <sup>a</sup>	2,33 ± 0,011 <sup>a</sup>	0,73 ± 0,0031 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,010 <sup>b</sup>
Forêts enrichies avec le Fraké	31	31,5 ± 0,70 <sup>b</sup>	2,07 ± 0,034 <sup>b</sup>	0,73 ± 0,007 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,02 <sup>c</sup>
Plantations de Gméline	20	17,5 ± 3,69 <sup>c</sup>	1,16 ± 0,11 <sup>c</sup>	0,59 ± 0,022 <sup>b</sup>	0,19 ± 0,020 <sup>ab</sup>
Plantations de Teck	8	5,5 ± 1,58 <sup>d</sup>	0,775 ± 0,054 <sup>d</sup>	0,51 ± 0,010 <sup>c</sup>	0,42 ± 0,01 <sup>d</sup>
<i>p-value</i>		<i>p</i> < 0,05	<i>P</i> < 0,05	<i>p</i> < 0,05	<i>p</i> < 0,05

Pour une même colonne, les valeurs moyennes accompagnées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de  $\alpha=5\%$ .

### Similarité floristique entre les différentes formations végétales

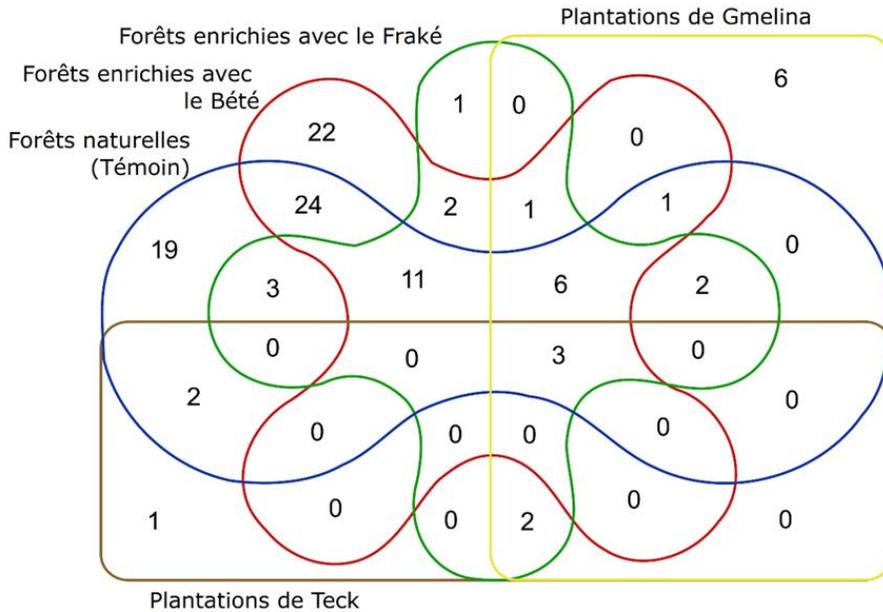
Le Tableau 3 montre que les forêts enrichies avec le Bété sont floristiquement semblables aux forêts naturelles (témoin) et aux forêts enrichies avec le Fraké avec des valeurs de coefficient de similitude de Sorensen, respectivement de 0,68 et de 0,54. Les plantations de teck, quant à elles, présentent une ressemblance floristique avec les plantations de Gméline

et les forêts enrichies avec le Fraké pour les coefficients de Sorensen respectifs 0,63 et 0,51. La valeur de coefficient de similitude de sorensen (Cs: 0,68) montre de forte ressemblance entre les forêts enrichies avec le Fraké et les plantations de Gméлина.

Le diagramme de Venn (Figure 5) montre que trois espèces sont communes aux cinq habitats, il s'agit de *Blighia sapida*, *Newbouldia laevis* et *Antiaris toxicaria*. Sur les 106 espèces recensées, 24 espèces sont retrouvées à la fois dans les forêts naturelles et les forêts enrichies avec le Bété, et trois (03) espèces sont communes aux forêts naturelles et les forêts enrichies avec le Fraké. L'intersection des biotopes forêts naturelles, forêts enrichies avec le Bété et le Fraké montre 11 espèces qui y sont communes. La figure 5 met en évidence une ressemblance floristique entre les forêts enrichies avec le Fraké et les plantations de Teck et de Gméлина, qui ont deux espèces en communs (*Mareya micrantha*, *Holarrhena floribunda*). Et également deux espèces sont partagées entre les forêts enrichies avec le Fraké et les plantations de Gméлина, il s'agit de : *Rauvolfia vomitoria* et *Albizia zygia*.

**Tableau 3:** Valeurs de l'indice de similarité de Sorensen entre les biotopes inventoriés de FCA 2

Biotopes	Plantation de Gméлина	Plantation de Teck	Forêts enrichies avec le Fraké	Forêts naturelles	Forêts enrichies avec le Bété
Plantation de Gméлина	0				
Plantation de Teck	<b>0,63</b>	0			
Forêts enrichies ave le Fraké	<b>0,68</b>	<b>0,51</b>	0		
Forêts	0,39	0,30	<b>0,57</b>	0	
Forêts enrichies avec le Bété	0,38	0,26	<b>0,54</b>	<b>0,68</b>	0



**Figure 5:** Nombre d'espèces communes entre les différents biotopes dans la FCA 2

### Valeur écologique des formations végétales étudiées

La figure 6 montre que la courbe du profil de diversité de Rényi des forêts enrichies avec le Bété est au-dessus des courbes des autres biotopes, notamment, les forêts enrichies avec le Fraké et les plantations monospécifiques de Teck et de Gméлина. Ce résultat atteste que les forêts enrichies avec le Bété sont floristiquement plus riches et présentent une forte diversité semblable à celles des forêts naturelles (témoin) dont la position de la courbe du profil de diversité de Rényi est aussi au-dessus. Les forêts enrichies avec le Fraké présentent une courbe du profil de diversité de Rényi en dessous de celle forêts enrichies avec le Bété montrant que cette formation végétation a une richesse spécifique et une diversité relativement moyenne que le biotope précédent. Quant aux plantations monospécifiques de Gméлина et de Teck, les courbes sont en deçà des trois biotopes suscités. La position de ces courbes montrent ces deux formations végétales sont relativement pauvre en espèces végétales et faiblement diversifiées (Figure 6).

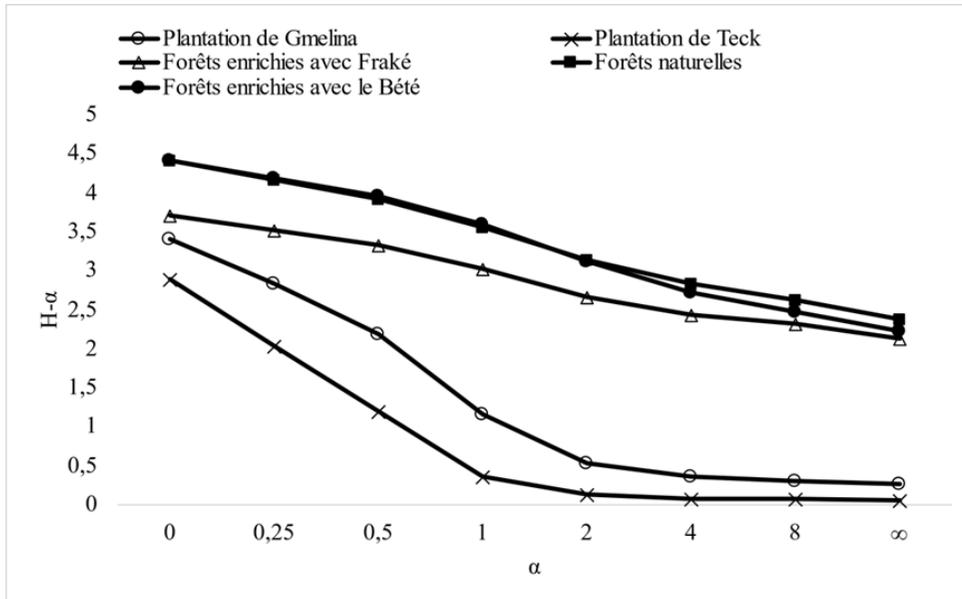


Figure 6: Positions des courbes du Profil de diversité de Rényi des différents biotopes inventoriés

## Discussion

Cette étude réalisée dans la forêt classée d'Agbo 2 a permis de recenser 121 espèces végétales réparties en 87 genres au sein de 33 familles botaniques. Cette richesse spécifique est inférieure à celle obtenue par N'Guessan et Kassi (2018) et N'Dja *et al.*, (2017) qui ont recensé 686 espèces et 476 espèces respectivement dans les forêt classée d'Agbo 1 et de Besso dont les sites d'études sont proches de la FCA 2. Deux facteurs pourraient expliquer cette différence. La première serait la grande superficie des deux forêts par rapport à celle de la FCA 2. En outre, ces auteurs ont réalisé leurs inventaires dans tous les types d'occupations du sol alors que cette étude n'a concerné que les reliques de forêts et les zones anciennement reboisées par la SODEFOR. Par ailleurs, la richesse spécifique de la FCA peut augmenter si tous les types d'occupations sont pris en compte lors des inventaires. Les familles botaniques les plus prépondérants sont les Fabaceae, Malvaceae, Meliaceae et les Moraceae. Des auteurs comme (Yongo, 2003; N'Dja *et al.*, 2017) ont montré que ce même cortège de familles botaniques familles sont les plus dominantes dans les écosystèmes forestiers d'Afrique tropicale et aussi de la Côte d'Ivoire. Les espèces appartenant à ces différentes familles ont une bonne capacité d'adaptation et de développement écologique.

Les phanérophytes sont les types biologiques rencontrés dans la forêt classée d'Agbo 2. Ce type biologique d'espèces végétales est majoritaire dans les forêts ivoiriennes. D'ailleurs plusieurs auteurs ont révélé cette dominance dans leurs travaux réalisés dans les forêts tropicales (Zaouri *et al.*, 2021;

Boukpassi *et al.*, 2022). Les espèces appartenant à la région Guinéo-Congolaise prédominent dans les formations forestières visitées. Cette prédominance démontre effectivement de l'appartenance de ces espèces au domaine guinéen du secteur mésophile (Guillaumet & Adjanohoun, 1971), et également des forêts tropicales de l'Afrique de l'Ouest. Aussi cela traduirait l'état de développement avancé des formations végétales de la FCA 2, d'où un indicateur d'une assez bonne reconstitution de la végétation (Vroh, 2013; Tiokeng *et al.*, 2015).

Lors de nos inventaires, 13 espèces vulnérables inscrites sur la liste rouge de l'UICN ont été trouvées dans la FCA 2. Ce nombre est inférieur à celui de Ouattara *et al.* (2019) et N'Dja *et al.* (2017) qui ont obtenu respectivement 15 et 21 espèces dans le massif forestier Yapo-Abbé et dans la forêt classée de la Besso. Le faible nombre d'espèces vulnérables serait due aux nombres de parcelles d'inventaires correspondant à 60 pour ces deux auteurs tandis que l'on a pu inventorier que 47 parcelles. Aussi ces auteurs ont réalisé les relevés de surfaces dans tous les types de végétation présents dans leurs milieux d'étude. La présence des espèces végétales vulnérables inscrites sur la liste rouge de l'UICN dans la forêt classée d'Agbo démontre la nécessité des efforts de protection de cette forêt par les gestionnaires. Selon Ouattara *et al.* (2019), la présence des groupes d'espèces à valeur de conservation dans un écosystème forestier prouve son degré de stabilité ainsi que son niveau conservation.

En ce qui concerne la similarité floristique entre les habitats considérés, le coefficient de Sorensen a indiqué une forte similarité floristique entre les forêts et les forêts enrichies avec le Bété. Cela s'expliquerait par le fait que les ouvertures réalisées lors des activités d'enrichissements des parcelles ont favorisé l'installation et le développement des espèces pionnières ou héliophiles. Cette gamme d'espèces dont le temps de vie est faible, a tendance à germer et croître rapidement au contact du soleil (Trouillon, 2006; Ngueguim *et al.*, 2010). En plus de ce cortège d'espèces héliophiles, s'est ajouté des espèces sciaphiles ayant une croissance lente mais une durée de vie assez longue dépendante des conditions écologiques favorables, ce qui donne un aspect de ressemblance floristique avec les forêts. D'autres études (Addo-Danso *et al.*, 2012) ont montré que les plantations mixtes ont tendance à abriter plus d'espèce qui s'adaptent et survivent en absence ou en présence de lumière. Et cette colonisation est considéré par certains auteurs comme une réussite de restauration (Ruiz-Jaen & Aide, 2005). Par contre, les forêts enrichies avec Fraké présentent une ressemblance avec les plantations monospécifiques. Cette ressemblance serait du fait de l'état mature de ces plantations qui ne subissent plus d'entretiens. Après la période de nettoyages, ces plantations sont sujettes à la recolonisation par des espèces pionnières commençant à se développer et atteignent le stade mature, puis meurent et

laissent la place à d'autres types d'espèces "caractéristiques" du milieu semi-décidu. Nos résultats concordent à ceux de Sangne (2009) qui a montré que les plantations mixtes sont floristiquement similaires aux plantations monospécifiques matures. Il faut souligner que les forêts enrichies avec le Fraké continuent de subir de fortes pressions anthropiques car nombreux sont les paysans installés à proximité de celles-ci. De plus, ces pressions provoquent un dynamisme considérable au niveau du sous-bois de ces formations végétales (Shakeri *et al.*, 2021; Kasekete *et al.*, 2022).

Les analyses statistiques réalisées sur les indices de diversité ont montré une variation significative entre les différents biotopes. Ainsi, les forêts et les forêts enrichies avec le Bété renferment presque un niveau de diversité similaire aux forêts. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les forêts enrichies avec le Bété n'ont pas subi de fortes pressions anthropiques avant leurs enrichissements. Donc elles ont pu conserver ses espèces originelles avec un apport d'espèces végétales indigènes qui n'empêchent pas la croissance d'autres espèces végétales. Pour Sangne *et al.* (2008) une plantation forestière âgée regorge plus de nombreuses espèces de forêts qui y trouvent les conditions de leur développement. Contrairement aux forêts enrichies avec le Bété, les forêts enrichies avec le Fraké sont moins riches et moins diversifiées que les forêts. Cela est due au fait que ces biotopes ont subies de fortes pressions anthropiques. En effet, les activités humaines sont un frein au développement des espèces qui recherchent une niche écologique spécifique. D'ailleurs des habitations et des espaces agricoles ont été rencontrés aux abords des forêts enrichies avec le Fraké. Du coup, tous ces facteurs sont une entrave au développement et auraient fortement contribué à l'élimination d'un bon nombre d'espèces. Les deux plantations forestières reboisées en espèces exotiques Gmélima et Teck sont les moins diversifiées d'entre les parcelles inventoriées. Ces plantations monospécifiques subiraient des pratiques manuelles d'entretiens réguliers jusqu'à 10 ans pour permettre la croissance des jeunes plants reboisés. Cette pratique, commune dans pratiquement toutes les plantations forestières des forêts classées en Côte d'Ivoire (Sangne, 2009), consiste aux nettoyages (délianage et désherbage) et la coupe de quelques espèces natives jugées gênant pour le développement des espèces exotiques plantées. L'objectif des entretiens est l'accroissement de volume de tronc de ces espèces d'exploitations ayant une grande valeur commerciale dans le marché du bois (Marien *et al.* 2013; Vroh & Koné, 2021).

## Conclusion

Cette étude a permis de répertorier 121 espèces végétales réparties en 87 genres et 33 familles botaniques dans la forêt classée d'Agbo 2. La présence de 13 espèces végétales inscrites sur la liste rouge de l'UICN en tant que espèces vulnérables, est la preuve que beaucoup plus d'intérêt doit être

accorder pour la conservation et la préservation de ce massif forestier. Les habitats inventoriés présentent une variation significative de diversité floristique. Les formations végétales ayant été enrichies avec des espèces indigènes sont plus diversifiées et ont tendance aux stades matures de leur développement à ressembler floristiquement aux forêts naturelles.

Ainsi donc, les projets de restauration écologique devraient envisager l'enrichissement des zones dégradées avec les espèces indigènes telles que le *Mansonia altissima*, *Terminalia superba*, *Entandrophragma cylindricum* et *Entandrophragma utile*. Les zones dégradées ayant subi la restauration dans la FCA 2 ont besoin de beaucoup de contrôle et gestion rigoureuse. Par conséquent, la disposition davantage de données de la FCA 2 à travers des études supplémentaires sur les caractéristiques structurales de la végétation, la biomasse et le stock de carbone, devraient être réalisés afin de permettre d'affirmer que la flore de la FCA 2 est loin d'être insignifiant et mérite une attention particulière des décideurs.

**Remerciements:** Les auteurs remercient vivement Barry-Callebaut/SACO pour le financement de nos travaux de recherche et la SODEFOR pour leur collaboration dans la collecte de données.

**Conflits d'intérêt:** Les auteurs déclarent qu'ils n'ont aucun intérêt concurrent concernant la publication de cet article.

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

### References:

1. Addo-Danso, S. D., Bosu, P. P., Nkrumah, E. E., Pelz, D. R., Coke, S. A. & Adu-Bredu, S. (2012). Survival and growth of *Nauclea diderrichii* and *Pericopsis elata* in monoculture and mixed-species plots in Ghana. *Journal of Tropical Forest Science.*, 24(1), 37-45.
2. Adou Yao, C. Y., (2005). Pratiques paysannes et dynamiques de la biodiversité dans la forêt classée de Monogaga (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université MNHN, Paris, France. 233 p.
3. Aleman, J., Blarquez, O., Gourlet-Fleury, S., Bremond, L., & Favier, C. (2017). Couvert arboré en Afrique centrale : déterminants et sensibilité dans des scénarios contrastés de changement global. *Scientific Report*, 7, 41393. <https://doi.org/10.1038/srep41393>
4. Angelsen, A., Jagger, P., Babigumira, R., Belcher, B., Hogarth, N.J., Bauch, S., Börner, J., Smith-Hall, C., & Wunder, S. (2014). Environmental income and rural livelihoods: a global-comparative

- analysis. *World Development*, 64 : S12–S28. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.03.006>
5. APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogen Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181: 1-20.
  6. Aubréville, A. (1958). À la recherche de la forêt en Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*, 57 : 12-29
  7. Boukpepsi, T. Seou, E. & Akame, L. (2022). Diversité floristique et caractéristiques structurales des groupements végétaux du bassin du Zio (Sud-Togo). *Physio-Géo*, 17 : 83-98
  8. Brienen, R. J. W., Phillips, O. L., Feldpausch, T. R., *et al.* (89 more authors) (2015). Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature*, 519 (7543) : 344-348. <https://doi.org/10.1038/nature14283>
  9. Chao, S. (2012). Forest peoples : numbers across the world. Moreton-in-Marsh (Royaume-Uni) Forest Peoples Programme. Doi : <https://doi.org/10.19182/bft2022.352.a36810>
  10. Climate-Data.org, (2024). <http://www.climate-data.org> (consultée le 20/03/2024).
  11. Dajoz, R., (2006). Précis d'écologie. 8 ème édition. *Dunod*, Paris, 631 p.
  12. FAO. (2020a). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2020. La durabilité en action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229fr>
  13. Felfili, J. M., Silva Júnior, M. C., Sevilha, A. C., Fagg, C. W., Walter, B. M. T., Nogueira, P. E., & Rezende, A. V. (2004). Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil. *Plant Ecology*, 175 : 37-46.
  14. Frontier, S., Pichod-Viale, D., Leprêtre, A., Davoult, D., & Luczak, C. (2008). Ecosystèmes: structure, fonctionnement, évolution. 4è édition. *Dunod*, Paris, France, Lille, France, 558 p.
  15. Gaston, K. J. (2000). Global patterns in biodiversity. *Nature* 405 : 220-227.
  16. Griscom, B. W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R. A., Lomax, G., Miteva, D. A., Schlesingere, W. H., *et al.* (2017). Natural climate solutions. *PNAS*, 114 (44) : 11645–11650
  17. Guillaumet, J. L., & Adjanohoun, E. (1971). La végétation de la Cote d'Ivoire. In *Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. Mémoires ORSTOM, Paris (France)*, 50 : 161-263.
  18. Hansen, M. C., Potapov, P. V, Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S. V., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O., & Townshend, J. R. G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-

- Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160) : 850-853.  
<https://doi.org/10.1126/science.1244693>
19. Hubau, W., Lewis, S. L., Phillips, O. L., Affum-Baffoe, K., Beeckman, H., Cuní-Sanchez, A., *et al.*, (2020). Asynchronous carbon sink saturation in African and Amazonian tropical forests. *Nature*, 579 : 80-87.
  20. Huston, M.A. (1994). Biological diversity. The coexistence of species on changing landscapes.
  21. IFFN (2021). Rapport final de l'inventaire forestier – Livrable n° 54, 87 p.
  22. INPROBOIS (2013). Plan d'aménagement de la forêt classée de la Besso 2003-2012. Rapport d'activité INPROBOIS, document non publié.
  23. Institut National de la Statistique (INS)-Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) (2014). Rapport des résultats globaux, Secrétariat Technique Permanent du Comité Technique du RGPH, Répertoire des localités : Région de la Mé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 40 p.
  24. Institut National de la Statistique (INS)-Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) (2021). Rapport des résultats globaux, Secrétariat Technique Permanent du Comité Technique du RGPH, Abidjan, Côte d'Ivoire, 8 p.
  25. Kasekete, D. K., Kimbuluma, C. K., Bourland, N., Drouet, T., Makana, J.-R., Vasombolwa, K., Mate, J.-P. (2022). Plantations monospécifiques d'espèces exotiques, déserts biologiques ou îlots de diversité floristique ? Exemple de situations biotiques et abiotiques contrastées au Nord-Kivu en République démocratique du Congo. *Bois et Forêts des Tropiques*, 352 : 71-88.
  26. Kassi, N'., Tuo, Y., & Zo-Bi, I. C. (2017). Diversité floristique et infiltration humaine de la forêt classée de la Besso (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 114 : 11299-11308.
  27. Kimengsi, J. N., Kuuwill, A., & Champion, B. B. (2022). Pandemic-induced shocks and shifts in forest-based livelihood strategies: learning from COVID-19 in the Bia West District of Ghana. *Environmental Research Letters*, 17 : 1-13. DOI :10.1088/1748-9326/ac70ed
  28. Koduru, S, Grierson, S. D., & Afolayam, J. A. (2007). Ethnobotanical information of medicinal plants used for treatment of cancer in the Eastern Cape Province. *South Africa. Current Science*, Vol. 92, N°7.
  29. Koech, C. K., Njuguna, J. W., Kiama, S. M., Maua, J. O., Kaigongi, M. M., Muganda, M. M., Nadir, S., & Kigomo, J. N. (2021). Community Use and Product Valuation of Forest Resources in Maasai

- Mau, Kenya. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 8(10). 106-130.
30. Koné, Y., & Vroh, B. T. A. (2021). Diversité de la régénération des ligneux dans les plantations forestières au centre de la Côte d'Ivoire. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 25 (4) : 265-278
31. Lewis, S. L., Wheeler, C. E., Mitchard, E. T. A., Koch, A. (2019). Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon. *Nature*, 568: 25-28.
32. Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, Princeton, 179 p.
33. Mangaza, L., Makana, J.-R., Hubau, W., Sonwa, D. J., Batsi, G., Fayolle, A. (2022). Impacts du changement d'utilisation des terres sur la biomasse et la diversité dans le paysage forestier de la réserve de biosphère de Yangambi en République démocratique du Congo. *Bois et Forêts des Tropiques*, 353 :61-73. Doi : <https://doi.org/10.19182/bft2022.353.a36836>
34. Marien, J., Dubiez, E., louppe D., larzillière, A. (2013). Quand la ville mange la forêt. Les défis du bois-énergie en Afrique centrale, France, Quae
35. N'guessan, E. A. (2018). Dynamique de la végétation et facteurs de reconstitution de la biomasse dans les forêts secondaires : cas de la forêt classée D'AGBO 1 (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). Université Félix Houphouët- Boigny
36. N'guessan, E. A., N'dja, K. J. (2018). Analyse de la diversité floristique de la forêt classée d'Agbo I (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 14(9) : 1857-7881. DOI: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14>
37. Ngueguim, J. R., Zapfack, L., Youmbi, E., Riera, B., Onana, J., Foahom, B., Makombu, J. G. (2010). Diversité floristique sous canopée en plantation forestière de Mangombe-Edea (Cameroun). *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 14(1) :167-176
38. Ouattara, S. F. P., Kouadio, K., & Soro D. 2019. Diversité des espèces de bois d'œuvre menacées de disparition de la flore de la Côte d'Ivoire, dans le massif forestier Yapo-Abbé. *European Scientific Journal*, 15(36) : 213-229. DOI: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n36p213>.
39. Piélou, E. C. 1966. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 10 : 370-383.
40. Pradheep, K, Soyimchiten, Pandey, A. & Bhatt, K. C. (2016). Wild edible plants used by Konyak tribe in Mon district of Nagaland\_: Survey and inventorisation. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 7(3), 74–81.

41. Ruiz-Jaen, M. C. & Aide, T. M. (2005). Vegetation structure, species diversity, and ecosystem processes as measures of restoration success. *For. Ecol. Manage.*, 218, 159173.
42. Sangne, Y. C. (2009). Dynamique du couvert forestier d'une aire protégée soumise aux pressions anthropiques : cas de la forêt classée de téné dans le département d'oumé (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse unique de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Cocody, 221 p.
43. Sangne, Y. C., Adou Yao, Y. C. , & N'guessan, K. E. (2008). Transformation de la flore d'une forêt dense semi-décidue : impact des activités humaines (Centre Ouest de la Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine.*, 20(1) : 1-11, doi.org/10.4314/aga.v20i1.1731
44. Shakeri, Z., Simberloff, D., Bernhardt-Römermann, M., Eckstein, R. L. (2021). The impact of livestock grazing and canopy gaps on species pool and functional diversity of ground flora in the Caspian beech forests of Iran. *Applied Vegetation Science*, 24 (3) : 1-13. <https://doi.org/10.1111/avsc.12592>
45. Shannon, C. E. (1948). The mathematic theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, 117.
46. Soto-Navarro, C. Ravilious, C., Arnell, A., De Lamo, X., Harfoot, M., Hill, S. L. L., Wearn, O. R., Santoro, M., Bouvet, A., Mermoz, S., LeToan, T., Xia, J., Liu, S., Yuan, W., Spawn, S. A., Gibbs, H. K., Ferrier, S., Harwood, T., Alkemade, R., Schipper, A. M., Schmidt-Traub, G., Strassburg, B., Miles, L., Burgess, N. D., & Kapos, V. (2020). Mapping co-benefits for carbon storage and biodiversity to inform conservation policy and action. *Phil. Trans. R. Soc. B375* : 20190128. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2019.0128>
47. Tiokeng, B., Mapongmetsem, P.-M., Nguetsop, V. F., & Tacham, W. N. (2015). Biodiversité floristique et régénération naturelle sur les hautes Terre de Lebialem (Ouest Cameroun). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9(1) : 56-68
48. Trouillon, A. (2006). Étude de la dynamique forestière en Guyane française en relation avec les traits d'histoire de vie et les perturbations naturelles. Mémoire de master 2 : Université Pierre et Marie Curie, Paris (France).
49. UICN (2024). La Liste rouge de l'UICN des espèces menacées. Version 2023-1. <https://www.iucnredlist.org>
50. Vroh, B. T. A. , & Kone, Y. (2021). Valeur écologique et produits de cueillette des plantations forestières de la Forêt classée de la Téné. *Vertigo*, 21(2) : 1–19. <https://doi.org/10.4000/vertigo.32783>.
51. Vroh, B. T. A. (2013). Évaluation de la dynamique de la végétation dans les zones agricoles d'Azaguié (Sud-Est Côte d'Ivoire). Thèse de

- Doctorat unique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 163 p.
52. Vroh, B. T. A., Kone, Y., Gone Bi, Z. B., Adou Yao, C. Y. (2021). Plant Species Diversity And Forest Stand Structure Of Tree Plantations In Tene Gazetted Forest (Cote d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 33 (3) : 283 - 292
  53. Wala, K., Sinsin, B., Guelly, K. A., Kokou, K., Akpagana, K. (2005). Typologie et structure des parcs agroforestiers de la préfecture de Doufelegou (Togo). *Sécheresse* 16: 209-216.
  54. WHITE F. (1986) - La végétation de l'Afrique : mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. Édit. ORSTOM - UNESCO, Paris, 383 p.
  55. Xu, Z., Li, M-H., Zimmermann, N. E., Li, S-P., Li, H., Ren, H., Sun, H., Han, X., Jiang, Y. & Jiang, L. (2018). Plant functional diversity modulates global environmental change effects on grassland productivity. *Journal of ecology*, 106:1941–1951
  56. Yabi, I., Yabi Biaou, F., & Dadegnon, S. (2013). Diversité des espèces végétales au sein des agroforêts à base d'anacardier dans la commune de Savalou au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Science*, 7 (2) : 696-706.
  57. Yongo, O. D. (2003). Contribution aux études floristiques, phytogéographique et phytosociologique de la forêt de N'Gotto (République de Centrafrique). Résumé de Thèse, *Acta Botanica Gallica* 150 : 119-124.
  58. Zaouri, Bi J.-M., G., Soro, D., Yao, N. O., & Soro K. (2021). Diversité végétale de la Forêt Classée de Yaya au Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 15(6) : 2554-2567

## Assessing the Quality of Shellfish Harvesting Areas: The Case of the Oualidia and Sidi Moussa Lagoons in Morocco

**B. Khbaya**

Institut National de Recherche Halieutique, Oualidia, Morocco

**F-Z. Bouthir**

Institut National de Recherche Halieutique, Bd Sidi Abderrahmane,  
Casablanca, Morocco

**R. Cherkaoui**

Laboratoire de microbiologie, centre spécialisé en pathologie des animaux  
aquatiques/INRH. Cap Malabata, Tanger, Morocco

**E. M. Kabiri**

Institut National de Recherche Halieutique, Oualidia, Morocco

**R. Chfiri**

Institut National de Recherche Halieutique, Bd Sidi Abderrahmane,  
Casablanca, Morocco

**A. Bessa**

Institut National de Recherche Halieutique, Oualidia, Morocco

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p223](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p223)

Submitted: 19 December 2023

Accepted: 08 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Khbaya B., Bouthir F-Z., Cherkaoui R., Kabiri E.M., Chfiri R. & Bessa A. (2024). *Assessing the Quality of Shellfish Harvesting Areas: The Case of the Oualidia and Sidi Moussa Lagoons in Morocco*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 223.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p223>

### Abstract

Based on European regulation 91/492/EC, Morocco, very early on, established legislation with conditions for producing and marketing live bivalve mollusks. In applying this legislation, the National Institute of Fisheries Research (INRH)<sup>1</sup> has set up a system for sanitary monitoring of the marine environment, through which several harvesting areas have been classified while others are in progress. In January 2020, the Oualidia and Sidi Moussa lagoons were categorized respectively in classes B and C, with

<sup>1</sup> Institut National de Recherche Halieutique.

52.77% of the results falling between 230 and 4600 MPN *E. coli*/100 g of flesh and intravalvular liquid (FIL) and 11.11% of the results falling between 4600 and 46000 MPN *E. coli*/100 g FIL. Sidi Moussa Lagoon has been classified as a category C since 2006. Consequently, oyster farming activity has been suspended in this area. This incident serves as a warning sign of the significant weakness of these ecosystems in addressing multiple social and economic challenges. On the other hand, INRH has sufficient data and tools to progress toward better optimization of the marine environment and sanitary monitoring program management.

---

**Keywords:** Shellfish, oyster farming, sanitary monitoring, Oualidia and Sidi Moussa lagoons, Morocco

## Introduction

It is well known that shellfish contamination occurs because bivalve mollusks are filter-feeding animals that selectively filter and accumulate small particles of phytoplankton, zooplankton, viruses, bacteria, and inorganic matter from the environment (Carella et al., 2010; Leoni et al., 2017). This highlights the role of shellfish as a vehicle for several hazards that could result in products that are unsuitable to guarantee the safety of consumers, particularly if live bivalve mollusks are consumed raw or undercooked (Iwamoto et al., 2010; Rubini et al., 2018; Sferlazzo et al., 2018). The adoption of regulations that specify acceptable levels of bacterial enteric pathogens in shellfish-growing water (United States National Shellfish Sanitation Program) or shellfish tissues (European regulation 91/492/EC, Moroccan regulation) has significantly decreased the impact of bacteria as causes of shellfish-associated disease outbreaks (Butt et al., 2004). In these two later regulations, shellfish harvesting areas are classified based on the microbiological (*Escherichia coli*) and chemical (mercury, cadmium, and lead) levels, as categories A, B, and C. Bivalves in category A, which contain less than 230 MPN *E. coli*/100 g FIL for at least 80% of the samples without the level of contamination exceeding 700 MPN *E. coli*/100 g FIL for the remaining 20%, can be marketed without any preventive treatment. Bivalves collected from category B areas (at least 90% of samples are < 4600 MPN *E. coli*/100 g FIL and the remaining 10% are < 46000 MPN *E. coli*/100 g FIL) can only be destined for human consumption after a depuration process to meet category A requirements or cooked by an approved method. Bivalves found in category C areas (< 46000 MPN *E. coli*/100 g FIL) must be relayed for at least 2 months in category A areas or cooked by an approved method (Council Directive 91/492/EEC, 1991 and Moroccan regulation Arrêté n° 1950-17). Chemical contamination must

remain at the levels required for category A. The RSSMM network<sup>22</sup> was created in 1996 by the INRH to carry out sanitary monitoring of areas classified A, B, and C under the conditions provided for by national food regulations. This network is implemented by six laboratories (LSSMM) housed in six regional centers of the INRH, based at Dakhla, Laayoune, Agadir, Oualidia, Tangier, and Nador. In 2021, the RSSMM conducted sanitary monitoring at 68 representative sampling points in 27 harvesting areas.

In 2006, a new Moroccan regulation established the concept of "sanitary classes A, B, C, and D" based on the level of chemical and microbiological contamination. Consequently, the Oualidia lagoon has been classified into category B, with 19% of the microbiological results superior to 230 MPN *E. coli*/100g FIL without contamination exceeding 4600 MPN *E. coli*/100g FIL. At the same time, the Sidi Moussa lagoon was classified in category C with around 31% of the results, which ranged between 4600 and 46000 MPN *E. coli*/100g FIL (Arrêté ministériel, 2006; Khbaya et al., 2011). As a result, oyster farming has been prohibited in this lagoon. The sanitary monitoring of this lagoon has since been carried out on the *Ruditapes decussatus* species, which constitutes the main part of the natural deposit of this lagoon. In comparison, the Oualidia lagoon has maintained its breeding of *C. gigas* species, provided that the product be purified in the purification facilities annexed to the harvesting area.

In 2008, INRH conducted a comparative study of the microbiological contamination level in the oyster farmed (*C. gigas*) and in two burrowing species present in the natural deposit, *R. decussatus* and *Ensis ensis*. The results of this study show: *i.* the homogeneous nature of the *E. coli* contamination levels in the lagoon; and *ii.* the differences in the contamination levels between the burrowing bivalve mollusks group and species *C. gigas* (Cherkaoui et al., 2010). Failures in the lagoon ecosystem management were highlighted, which prompted the public authorities to set up an integrated development project in April 2010. The public administration has carried out several works in Oualidia and its lagoon to improve the quality of aquaculture water, such as constructing a liquid sewerage network.

The purpose of this study is to assess the quality of the harvesting areas known as the Oualidia and Sidi Moussa lagoons based on microbiological and chemical monitoring results for the three calendar years 2017–2019. This assessment is based on computer processing following the regulatory food safety criteria. This report thus provides the necessary information to revise, if required, the monitoring strategy and/or classifications of harvesting areas.

---

<sup>2</sup> Réseau de Suivi de la Salubrité du Milieu Marin.

## 2. Material and methods

### a) Characteristics of the study area

The Sidi Moussa-Oualidia complex lagoon is located on the Atlantic coast of Morocco, approximately 35 kilometers south of the city of El Jadida. Recognized as a Site of Biological and Ecological Interest, this complex is renowned as a crucial stopover site for migratory coastal birds and has been designated as a wetland of international importance under the RAMSAR classification since 2005. The complex encompasses two lagoons (Oualidia and Sidi Moussa) separated by an area of 40 km, interspersed with four marshes, and salt marshes separated from the sea by a dune ridge. At the same time, the two lagoons are the subject of potent activity in collecting shells such as *R. decussatus*, *Cerastoderma edule*, and *E. ensis*. Human activities in and around the lagoons, such as agriculture and tourism, exert multiple pressures on these ecosystems, leading to changes in the environment and the quality of aquaculture water.

### b) Sampling and Analysis

#### Enumeration of $\beta$ -glucuronidase-positive *E. coli* in shellfish.

**Table 1:** Characteristics of sampling points

Area names and code	Areas limits	Sampling point codes	Geographical coordinates of sampling points	Class	Exploited seashell
Oualidia lagoon (10-03)	32°45'26 N/09°00'52 W	100302	32°44'47.1"N 9°01'25.0"W	B	<i>C. gigas</i>
	32°44'57 N/09°01'31 W	100303	32°45'13.9"N 9°00'44.3"W		
	32°59'86 N-08°43'72 W	100102	32°58'48.6"N 8°44'38.6"W		
Sidi Moussa lagoon (10-01)	32°58'53 N-08°45'54 W	100103	32°58'59.2"N 8°44'33.1"W	C	<i>V. decussatus</i>

INRH officers conducted sampling according to the collecting points listed in Table n°1. The samples were shipped refrigerated to the laboratory and were analyzed within 24 hours of harvesting. Depending on the size of the *C. gigas* or *R. decussatus*, 15 to 30 bivalves of each sample were randomly selected for microbiological analysis. Samples were processed for microbiological detection, enumeration, and graduated dilutions according to the ISO 6887-3 method (NM ISO 6887-3, 2017).

All the bivalve samples were examined using the five-tube Most Probable Number (MPN) method in accordance with the EU reference method ISO 16649-3 (NM ISO 16649-3, 2015). In brief, 75-100 g of flesh and intervalvular liquid were added to 2 parts of tryptone-sel (Biokar Diagnostics, France) and homogenized using a blender for 2 min. Ten ml of the liquid part

of the 1+2 suspension was added to a flask containing 90 ml of tryptone-sel (Biokar Diagnostics, France), resulting in a final 1+9 dilution. An aliquot of 10 ml of the initial suspension (1+2) was transferred to each of the five tubes of double-strength Mineral Modified Glutamate Medium (MMGB) (Biokar Diagnostics, France). An aliquot of 1.0 ml of the 1+9 dilution was transferred to each of the five tubes of single-strength MMGB. Further dilutions were prepared in the same way. All the double- and single-strength MMGB were incubated aerobically at  $37\pm 1^{\circ}\text{C}$  for  $24\pm 2\text{h}$ . Subcultures from positive MMGB tubes that changed color from purple to yellow were plated on chromogenic Tryptone Bile Glucuronide Agar (TBX) plates (Biokar Diagnostics, France) and incubated aerobically at  $44\pm 1^{\circ}\text{C}$  for  $21\pm 3\text{h}$ . At the end of incubation, the number of positive double- or single-strength MMGB tubes was counted in order to estimate the level of *E. coli*/100g using the MPN table generated with the MPN calculator referenced in NM ISO 7218 (NM ISO 7218, 2014). Counting *E. coli* in bivalve mollusks using the MPN technique is limited to the detection of less than 18 *E. coli*/100g FIL.

#### Heavy metal analysis

After sampling, the shellfish *C. gigas* and *R. decussatus* were kept in seawater collected at the sampling location for about 24 hours to remove the digestive contents so as not to interfere with the content of trace metals in the shellfish tissue. Soft tissue was removed and mixed for good homogeneity.

All precautions are taken to avoid contamination during the steps of preparation and measurement. Ultrapure water and acid of high purity, cleaned by sub-boiling distillation, are used. The digestion procedure is carried out according to a method for the pressure digestion of foodstuffs, NM EN 13805 (2015). Determinations of Cd and Pb are performed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) for direct analysis of liquid samples (iCAP-Q series mass spectrometry, Thermo Fisher Scientific), according to NM EN 15763 (2012).

The total mercury content is determined directly on fresh sample aliquots by DMA according to the methods of the U.S. Environmental Protection Agency (2007), EPA 7473, and the user manual (MILESTONE DMA 80). The samples' expected values of trace metals are expressed in mg/kg of fresh weight (F.W.).

Precision was estimated through replicated samples (every 10th sample was a replica) and was better than 10% in all cases. In addition, a quality control program was performed to ensure both the precision and accuracy of the sample results. It includes treatment and analysis of standard reference material (the SRM was Nist 2976) and blanks with the samples.

**c) *Assessment of the quality of an area***

The estimation of the sanitary class was determined for each harvest area based on microbiological and chemical monitoring results. Harvest areas that have exceeded the maximum content of at least one of the chemical contaminants or that have a microbiological quality less than the regulatory criteria of class C are considered "of very poor quality". Nevertheless, the class A, B, or C estimation is determined according to the distribution of the frequencies of the microbiological monitoring results under the legislative limits.

**d) *Annual update of sampling frequencies for microbiological monitoring***

A statistical procedure determined the stability of microbiological contamination levels. This procedure calculates the geometric mean of the *E. coli* concentrations obtained over the last three calendar years. For the geometric mean calculation, the value of results below the detection limit is set at 10 (Meteigner, 2017; Piquet, 2018).

This geometric mean is compared to predefined limits (Table 2). The sampling frequency that can be applied (bimonthly or monthly) is thus determined as a function of the geometric mean (X<sub>G</sub>).

Quality	A	AB	B	BC	C
X <sub>G</sub>		13	40	200	750
Frequency	Bimonthly	Monthly	Bimonthly	Monthly	Bimonthly

*Table 2 : Sampling frequency determination according to the quality of the area and the geometric mean (X<sub>G</sub>) of the results.*

**e) *Trend in the microbiological quality of an area***

Trend analysis of microbiological parameters considers ten years of acquired data and is based on the nonparametric Mann-Kendall (MK) test (Mann 1945, Kendall 1975, Gilbert 1987). The purpose of the MK test (Gilbert, 1987) is to statistically assess if there is a monotonic upward or downward trend of the variable of interest over time. A monotonic upward (downward) trend means that the variable consistently increases or decreases through time, but the trend may or may not be linear.

**3. Results and discussion**

A total of 72 microbiological and 18 chemical element analysis results were obtained during the period 2017–2019 for both Oualidia and Sidi Moussa lagoons, and no alerts were reported concerning these two criteria. Table 3 shows the chemical contamination levels obtained for the two lagoons during

2017–2019. The maximum levels reached for mercury and lead during this period remained below the food regulatory limits. Indeed, these contents remained at least 13 and 7 times lower than the limit set for mercury, respectively, for Oualidia and Sidi Moussa lagoons. The lead's maximum content was at least 9 and 3 times inferior to the limit set of 1.5 mg/kg F.W. for Oualidia and Sidi Moussa lagoons, respectively. As a result, the maximum cadmium levels obtained during the chemical monitoring were 1.4 mg/kg F.W. and 0.85 mg/kg F.W. for Oualidia and Sidi Moussa lagoons, respectively.

These results show a precise increase in levels of cadmium compared to lead and mercury but lower than legislative limits for class A harvesting areas. However, we observed that these levels showed the same order of magnitude as those of previous years, indicating a possible classification of the two lagoons in categories A, B, or C according to the microbiological contamination levels. Indeed, due to significant physiological differences between the monitored species *C. gigas* (filtering species) and *R. decussatus* (burrowing species), the Oualidia lagoon shows higher levels of Cd contamination than the Sidi Moussa lagoon. The reason for these high concentrations could also be due to anthropogenic sources (phosphate industry) and natural sources (upwelling activities) (Chafik et al., 2001; Gaudry et al., 2007). It is well known that the metal bioaccumulation process in bivalves can be influenced by biotic and abiotic factors and the structural and functional properties of the biological barriers that separate living organisms from their environment (Bouthir et al., 2004; Maanan, 2008; Mejdoub et al., 2018).

During the 2017–2019 period, microbiological monitoring results obtained in two lagoons are shown in Figure 1, while the frequency distribution of results according to different legislation limits is summarized in Table 4. For the Oualidia lagoon, 52.77% of the microbiological monitoring results were above the legislation limit for class A harvesting areas (230 MPN *E. coli*/100 g FIL). 19.44% of these results were above the limit of 700 MPN *E. coli*/100 g FIL but without exceeding the legislation limit for category B, which is 4600 MPN *E. coli*/100 g FIL. These results are compatible with the sanitary classification of Oualidia lagoon in class B. For the Sidi Moussa lagoon, 83.33% of results are above the legislation limit of 230 MPN *E. coli*/100 g FIL.

**Table 3:** Heavy metals data from Oualidia and Sidi Moussa lagoons during the surveyed periods 2017–2019.

	Number of data		Metal heavy content*		Legislation limits	Units
	Oualidia lagoon	Sidi moussa lagoon	Oualidia lagoon	Sidi moussa lagoon		
<b>Mercury (Hg)</b>	6 (100%)	6 (100%)	0.027 ± 0.0078 (0.014-0,038)	0.063 ± 0.0077 (0.052-0.070)	≤ 0.5	mg/kg of Fresh Weight (FW)
<b>Lead (Pb)</b>	6 (100%)	6 (100%)	0.139 ± 0.051 (0.10-0,16)	0.176 ± 0.136 (0.088-0.45)	≤ 1.5	
<b>Cadmium (Cd)</b>	6 (100%)	6 (100%)	0.803 ± 0.368 (0.402-1.44)	0.707 ± 0.098 (0.61-0.85)	≤ 2 for mussels & oyster ≤ 1 Other shellfish	

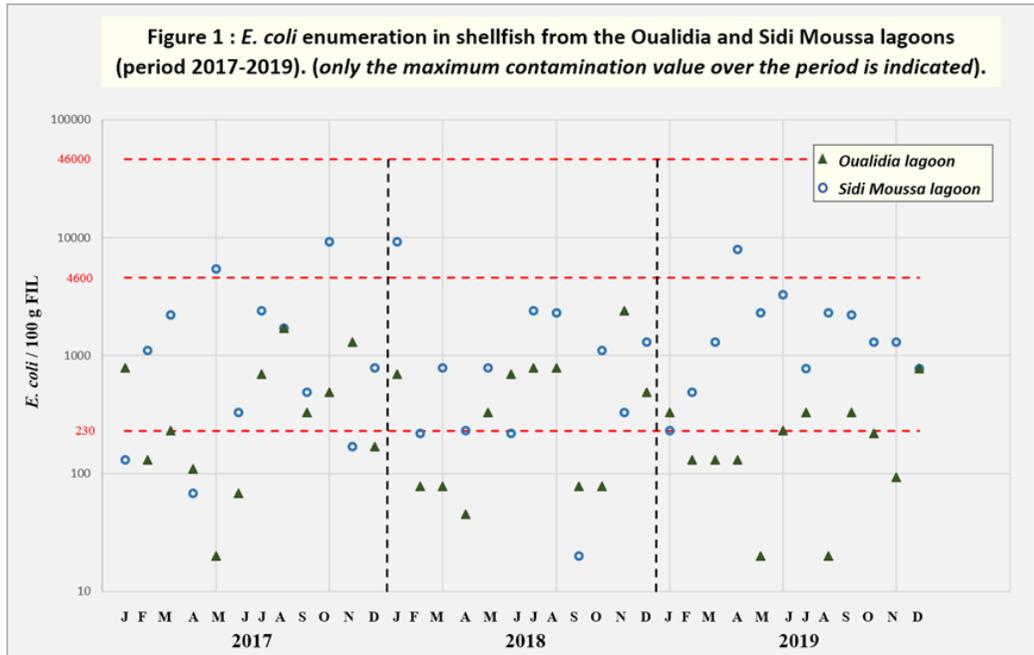
**\*\*Values are in "mean ± standard deviation". (Min – Max) of the results obtained during the monitoring period.**

Among these results, 11.11% are between the regulatory thresholds of 4600 *E. coli*/100 g FIL and 46000 MPN *E. coli*/100 g FIL. These results are compatible with a sanitary classification in category C. Therefore, this assessment of the sanitary quality of two lagoons, Oualidia and Sidi Moussa, is consistent with the administrative categories (arrêté, 2020). However, taken separately, the results of the microbiological monitoring of the Sidi Moussa lagoon show that the frequency of values above the legislation limit for class B (4600 MPN *E. coli*/100 g FIL) is only 8.33% for the years 2018 and 2019 (Fig. 1). These results suggest that the lagoon of Sidi Moussa may be categorized in class B, which is not in accordance with the administrative classification. Therefore, the preventive measure taken can be explained by:

- the fact that one of the three sampling points of this lagoon, which is also the most susceptible to contamination, is no longer used due to depletion of the shellfish stock; and
- the lack of effective management of domestic waste. The levels of chemical contamination in the marine environment are known to change slowly and evenly.

Consequently, a single sampling point per harvesting area with a six-monthly monitoring frequency is generally sufficient for monitoring this parameter. National legislation always assumes a monthly frequency for microbiological sampling. However, the determination of the sampling frequency is generally based on a statistical approach to the distribution of results acquired during the last three years. The statistical method provides a reading grid that can be used to determine the frequency of microbiological monitoring in a given area based on the geometric mean (XG) of results obtained for each sample site over the course of a year. (Meteigner, 2017; Piquet, 2018). The frequency is therefore adapted to the classification and the

risk of episodic deterioration (alert) of the sanitary quality of the classified area.



**Table 4:** Frequencies distribution of the microbiological contamination results according to the different legislation limits

Name of area	Number of data	< 230	[ 230- 700]	] 700- 4600]	] 4600- 46000]	> 46000	Number of alerts	Maximum value	Estimated quality	Geometric mean $X_G^*$	Frequency
Oualidia lagoon	72 (100%)	34 (47,22%)	24 (33,33%)	14 (19,44%)	0	0	0	2400	B	67,3 95,1	Bimonthly
Sidi Moussa lagoon	72 (100%)	12 (16,66%)	12 (16,66%)	40 (55,55%)	8 (11,11%)	0	0	9200	C	800,4 936,1	Bimonthly

\*Geometric mean of the two sampling points of the area based on microbiological monitoring results obtained during the year 2019.

Environmental and socio-economic importance make both lagoons considered sensitive harvesting areas by public authorities. Consequently, a fortnightly frequency (every 15 days) was applied by the INRH to microbiological monitoring until December 2011, even though national food regulations set a monthly frequency (Cherkaoui et al., 2010). As part of the monitoring strategy revision, we updated frequencies based on geometric mean results obtained from 2009 to 2011, assigning a monthly frequency to microbiological monitoring of these lagoons (Khbaya, 2011). Categorized B, Oualidia lagoon has geometric means results obtained in 2019 for two sampling points of 67.3 and 95.1 with no exceeding the legislation limit of 4600 MPN *E. coli*/100 g FIL during the last three years. Therefore, a bimonthly frequency could be applied during 2020 to monitor this harvesting area. This is also the case of the Sidi Moussa lagoon, which is classified as C

and has a geometric mean of 800.3 and 936.1 for two sampling points. So, the frequency that has been applied during 2020 to this area is bimonthly. Using this statistical approach to microbiological monitoring in other areas will lead to applying a bimonthly frequency to at least 2 by 4 other shellfish harvesting areas monitored in the LSSMM-Oualidia (results not shown). Indeed, areas called Cap Beddouza and Oum Tyour-Chouika, classified A, show a geometric mean of 12.0 and 12.6, respectively, with no alert recorded during the last three years. Applying this statistical approach could contribute to good optimization of monitoring program management by the INRH.

The evolution of the microbiological quality of a classified area for a given shellfish group is based on trend analysis. This analysis takes into account the data acquired over ten years and is based on the non-parametric MK test. Monitoring data obtained from the various sampling points in the area over the last ten years is aggregated before treatment. This choice makes it possible to avoid the influence of a brief modification due, for example, to particular climatic circumstances. Trend analysis of sanitary monitoring results for the two lagoons by the MK test does not make it possible to detect a significant trend for the two harvesting areas (results not shown). This can signify the development in each of these two areas of comparable levels of microbiological contamination from year to year.

Since 2006, sanitary monitoring has always been halted for the Sidi Moussa lagoon. However, over the last three years, the Oualidia lagoon has continued to benefit from sanitary state B, which allows it to preserve oyster farming activity. This is evidenced by the fact that less than 20% of the results are between 700 and 4600 MPN *E. coli*/100 g FIL, and the maximum values hardly exceed 2400 MPN *E. coli*/100 g FIL. In addition to its historical significance, the site's continuing operation is crucial since it is the only operational oyster-growing location in the region and because, as of the most recent census, it produced nearly one-fifth (18%) of all oysters produced in the country. Therefore, maintaining and enhancing the Oualidia lagoon's water quality is a major challenge that many local stakeholders share, especially in light of the potential financial and health consequences associated with degradation. As an imperative action, the city of Oualidia has had, since 2012, a municipal wastewater collection network with domestic connections as well as an out-of-city WWTP.

## **Conclusion**

Based on national legislation, the main objective of regular sanitary monitoring of the marine environment is to ensure the safety of shellfish consumers. Chemical and microbiological monitoring confirms the sanitary class B for the Oualidia lagoon, which therefore remains suitable for oyster farming. On the contrary, this activity continues to be prohibited in the Sidi

Moussa lagoon without water quality improvement. This highlights the considerable vulnerability of these ecosystems, notwithstanding their environmental, social, and economic significance.

**Acknowledgments:** The authors would like to thank B. Moutaki, O. Adil, A. El Garni, Z. Boumenkhar, and A. Ayyoubi for their contributions to the sampling.

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

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

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

### References:

1. Arrêté du ministère de l'agriculture et de la pêche maritime relatif au classement des zones de ramassage des mollusques bivalves vivants., (2006).
2. Arrêté du ministère de l'agriculture, de la pêche maritime, du développement rural et des eaux et forêts n° 1950-17 du 14 kaada 1438 (7 août 2017) relatif au classement sanitaire des zones maritimes de production conchylicole. BO-6696-19 kaada 1439., (2018), 1529-1535.
3. Arrêté du ministère de l'agriculture, de la pêche maritime, du développement rural et des eaux et forêts relatif classement des zones de ramassage des mollusques bivalves vivants. (2020).
4. Bouthir, F. Z., Chafik, A., Souabi, S., Benbrahim, S. (2004). Qualité physico-chimique des eaux côtières du littoral de la Wilaya du grand Casablanca (océan Atlantique marocain) utilisation de la moule (*Mytilus galloprovincialis*) comme indicateur de la contamination métallique. *Journal of Marine Life*, No. 14(1-2), 59-70.
5. Butt, A. A., Aldridge, K.E., Sanders, C. V. (2004). Infections related to the infection of seafood. Part I. Viral and bacterial infections. *The Lancet Infectious Diseases*, No. 4, 201-212.
6. Carella, F., Aceto, S., Marrone, R., Maiolino, P., De Vico, G. (2010). *Marteilia refringens* infection in cultured and natural beds of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) along the Campania coast (Tirrenian sea, South of Italy). *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, No. 30, 189.
7. Chafik, A., Cheggour, M., Cossa, D., Benbrahim, S., Sifeddine, M. (2001). Quality of Moroccan Atlantic coastal water monitoring and mussel watching, *Aquat. Living Ressources*, No. 14, 239-249.

8. Cherkaoui, R., Azhari, H., Moutaki, B. (2010). Etude comparative du niveau de contamination microbiologique des espèces *C. gigas*, *Venerupis decussata* et *Ensis ensis* au niveau de la lagune d'Oualidia. Rapport INRH, 32 pages.
9. Council Directive 91/492/EEC. (1991). Health conditions for the production and the placing on the market of fishery products.
10. EPA. US. (2007). Environmental Protection Agency, EPA 7473, Mercury in solids and solutions by thermal decomposition, amalgamation, and atomic absorption spectrophotometry.
11. Gaudry, A., Zeroual, S., Gaie-Levrel, F., Moskura, M., Boujrhah, F. Z., El Moursli, R. C., Guessous, A., Mouradi, A., Givernaud, T., Delmas, R. (2007). Heavy metals pollution of the Atlantic marine environment by the Moroccan phosphate industry, as observed through their bioaccumulation in *Ulva lactuca*. *Water, Air, & Soil Pollution*, No. 178, 267–285.
12. Gilbert, R.O. (1987). *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*, Wiley, NY.
13. iCAP-Q Operating Manual (P/N 1288090, Revision B) Thermo Fisher Scientific
14. Iwamoto, M., Ayers, T., Mahon, B. E., Swerdlow, D. L. (2010). Epidemiology of seafood-associated infections in the United States. *Clinical Microbiology Reviews*, No. 23, 399-411.
15. Kendall, M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*, 4th edition, Charles Griffin, London.
16. Khbaya, B. (2011). Mise à jours de la fréquence d'échantillonnage pour le suivi microbiologique des lagunes d'Oualidia et de Sidi Moussa. Rapport INRH., 15 pages.
17. Leoni, F., Chierichetti, S., Santarelli, S., Talevi, G., Masini, L., Bartolini, C., Rocchegiani, E., Naceur Haouet, M., Ottaviani, D. (2017). Occurrence of *Arcobacter* spp. and correlation with the bacterial indicator of faecal contamination *Escherichia coli* in bivalve molluscs from the Central Adriatic, Italy. *International Journal of Food Microbiology*, No. 245, 6-12.
18. Maanan, M. (2008). Heavy metal concentrations in marine molluscs from the Moroccan coastal region. *Environmental Pollution*, No. 153, 176-183.
19. Mann, H.B. 1945. Non-parametric tests against trend, *Econometrica* 13:163-171.
20. Mejdoub, Z., Zaid, Y.; Hmimid, F.; Kabine, K. (2018). Assessment of metals bioaccumulation and bioavailability in mussels *Mytilus galloprovincialis* exposed to outfalls pollution in coastal areas of

- Casablanca. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, No. 48, 30–37.
21. Milestone DMA-80 EVO User Manual-MA213-003.pdf.
  22. Meteigner, C. (2017). Evaluation de la qualité des zones de récolte conchylicole. Département des LANDE. RST/LER/AR/LER/17. 006.
  23. NM EN 13805. (2015). Produits alimentaires : Dosage des éléments traces Digestion sous pression.
  24. NM EN 15763. (2012). Dosage des éléments traces-Dosage de l'arsenic, du cadmium, du mercure et du plomb par spectrométrie d'émission avec plasma induit par haute fréquence et spectromètre de masse (ICP-MS) après digestion sous pression.
  25. NM ISO 16649-3. (2015). Microbiologie de la chaîne alimentaire-Méthode horizontale pour le dénombrement des E. coli bêta-glucuronidase positive-Partie 3 : Recherche et technique du nombre le plus probable utilisant le bromo-5-chloro-4-indolyl-3  $\beta$ -D-glucuronate.
  26. NM ISO 6887-3. (2017). Microbiologie de la chaîne alimentaire-Préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique-Partie 1 : Règles générales pour la préparation de la suspension mère et des dilutions décimales.
  27. NM ISO 7218. (2014). Microbiologie des aliments-Exigences générales et recommandations.
  28. Piquet, J-C. (2018). Procédure nationale de la surveillance sanitaire microbiologique des zones de récolte de coquillages. REMI – IFREMER.,
  29. Rubini, S., Galletti, G., D'Incau, M., Govoni, G., Boschetti, L., Berardelli, C., Barbieri, S., Merialdi, G., Formaglio, A., Guidi, E., Bergamini, M., Piva, S., Serraino, A., Giacometti, S. (2018). Occurrence of Salmonella enterica subsp. enterica in bivalve molluscs and associations with Escherichia coli in molluscs and faecal coliforms in seawater. Food Control, No. 84, 429-35.
  30. Sferlazzo, G., Meloni, D., Lamon, S., Marceddu, M., Mureddu, M., Consolati, S. G., Pisanu, M., Virgilio, S. (2018). Evaluation of short purification cycles in naturally contaminated Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) harvested in Sardinia (Italy). Food Microbiology, No.74, 86-91.

## Factores De Riesgo En La Automedicación De Adultos En Santa Rosa Jáuregui, Querétaro

*Alejandra Camacho Olvera, Licenciada en Enfermería*

*Alberto Juárez Lira, Doctor en Ciencias de la Salud*

Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Querétaro, México

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p236](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p236)

Submitted: 14 February 2024

Accepted: 27 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Olvera A.C. & Lira A.J. (2024). *Factores De Riesgo En La Automedicación De Adultos En Santa Rosa Jáuregui, Querétaro*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 236.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p236>

### Resumen

**Introducción:** La automedicación es considerada como la libertad para consumir medicamentos sin prescripción médica, para el tratamiento de enfermedades o síntomas reconocidos por el paciente. **Objetivo:** Analizar los factores de riesgo para la automedicación en adultos que acuden al Centro de Salud de Santa Rosa Jáuregui, Querétaro. **Material y métodos:** Estudio transversal con enfoque cuantitativo donde el universo de estudio fueron adultos de ambos sexos, de cualquier condición de salud que acuden al centro de salud de Santa Rosa Jáuregui. Como instrumento se utilizó el “Cuestionario para los factores en la automedicación” y el “Cuestionario para la automedicación”. La muestra fue de 185 encuestados. **Resultados:** El 51.35 % de las personas manifiestan automedicarse por decisión propia. Los principales grupos farmacológicos usados para la práctica de automedicación son por analgésicos no esteroideos (AINES) con 86.48%, el grupo de tracto alimentario y metabolismo con igualdad de porcentaje con el grupo de antiinfecciosos para uso sistémico con el 57.29% ambos. Como principales factores de la automedicación son: factores sociodemográficos, sociales, culturales y económicos. **Conclusiones:** La automedicación constituye un hecho cotidiano en la mayoría de los hogares. Las personas la consideran útil debido a la mejoría de sus síntomas.

**Palabras clave:** Factor social, económico, cultural y sociodemográfico, grupos farmacológicos, riesgo, automedicación

## **Risk Factors In The Self-Medication In Adults In Santa Rosa Jáuregui, Querétaro**

*Alejandra Camacho Olvera, Licenciada en Enfermería*

*Alberto Juárez Lira, Doctor en Ciencias de la Salud*

Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Querétaro, México

---

### **Abstract**

**Introduction:** Self-medication is considered as the freedom to consume medicines without a doctor's prescription, for the treatment of diseases or symptoms recognized by the patient. **Objective:** To analyze the risk factors for self-medication in adults attending the Santa Rosa Jáuregui Health Center, Querétaro. **Material and methods:** Cross-sectional study with a quantitative approach where the study universe was adults of both sexes, with any health condition who attend the Santa Rosa Jáuregui health center. The "Questionnaire for factors in self-medication" and the "Questionnaire for self-medication" were used as instruments. The sample was 185 respondents. **Results:** 51.35% of the people said that they self-medicate by choice. The main pharmacological groups used for the practice of self-medication are non-steroidal analgesics (NSAIDs) with 86.48%, the group of alimentary tract and metabolism with equal percentage with the group of anti-infectives for systemic use with 57.29% both. The main factors of self-medication are: sociodemographic, social, cultural and economic factors. **Conclusions:** Self-medication is a daily occurrence in most households. People consider it useful because of the improvement in their symptoms.

---

**Keywords:** Social, economic, cultural, sociodemographic factors, pharmacological groups, risk, self-medication

### **Introducción**

La automedicación es conceptualizada como "el consumo de medicamentos por propia iniciativa del paciente a partir de una experiencia previa o sin ella". Procediendo a que los individuos que realizan esta práctica seleccionan y usan los medicamentos con el propósito de prevenir, aliviar o tratar síntomas o enfermedades leves que tal vez ellos mismos identifiquen (Parabavidez, 2022). De acuerdo a lo anterior, debe de acontecer un importante esfuerzo en la educación de la población, esto respectivamente al cuidado de la salud. Considerando la automedicación en síntomas menores, de manera responsable enlazada a que la práctica debe ser por un corto tiempo, por el contrario suele denominarse irresponsable a que se hace fuera de un

diagnóstico o la prescripción médica lo cual puede ser contraproducente para la salud.

Es un hecho que la automedicación es un fenómeno importante, donde la información y la educación sanitaria contribuyen para que sea una manera más responsable, pero dado el uso de medicamentos sin prescripción médica o de algún profesional del área de la salud es posible obtener consecuencias las cuales pueden ser desagradables y/o peligrosas para los usuarios (Oliveira de Sousa & Monteiro, 2020).

Los medicamentos más usados en la automedicación son: analgésicos y antiinflamatorios (para el dolor e inflamación), antipiréticos (para la fiebre) y los antibióticos (para las infecciones). En consecuencia, si se toma el medicamento erróneo, se puede romper el equilibrio de las bacterias patógenas y no patógenas del organismo, por lo tanto, pueden causar un proceso diferente al destinado (Universidad de Colima, 2019).

Es necesario recalcar que “una consecuencia global del abuso y mal uso de los medicamentos en diferentes ámbitos, como en la reproducción animal y en automedicación humana, ha sido, sin duda, la resistencia microbiana”, indicó el doctor Andrés M. Pérez-Acosta responsable del Observatorio del Comportamiento de Automedicación. Los motivos para automedicarse es un tema de gran interés, el Observatorio identificó que en la Pandemia por COVID-19 aumentó de manera alarmante la automedicación por la necesidad de prevenir el contagio por el virus de SARS-Cov-19. Por lo cual los antibióticos causaron un impacto del uso indiscriminado. Así mismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) manifiestan sobre este tema e “invitándonos a que por todos los medios promovamos el uso adecuado de los antibióticos”. Por lo cual, aunque existe la prohibición de la venta de los mismos en las farmacias no se cumple hasta un 80% de los casos es posible adquirirlos (Crece el mapa de motivaciones para automedicarse-OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud, 2021).

Existen ciertos factores que contribuyen llevar a la práctica la automedicación, tal como la falta de tiempo, algún familiar, amigo o conocido sugieran un fármaco porque les funcionó, publicidad en medios de comunicación, limitación financiera, acceso limitados a los servicios de salud, falta de conocimiento a los posibles riesgos que podrían causar, la disponibilidad que existe al conseguir los medicamentos sin receta médica. Asimismo, se considera que es una situación extensa y radicalmente influye como fenómeno social, económico y cultural. Siendo motivo los siguientes síntomas (Altamirano Orellana et al., 2019):

- Dolor de cabeza.
- Gripe estacional.
- Resfriado común.

- Inflammaciones.

Por lo tanto, se considera que es una situación importante para su estudio ya que es un problema grande en cuestión de salud pública, de acuerdo a las estadísticas de la Secretaría de Salud, se calculó que en el país México más del 80% de la población se automedica. Para el año 2019, se elevó la cifra, se aproximó que el 95% de las personas está consciente que automedicarse conlleva riesgos para la salud; sin embargo, 86% de los mexicanos recurre a tomar medicamentos sin prescripción médica, en un estudio “La Automedicación en México”; el cual indica que esta práctica ha sido una alternativa para aliviar los malestares de los encuestados de manera eficiente (Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Subirán, 2019).

Así mismo, cuando las personas toman múltiples medicamentos, se le conoce como polifarmacia. Por lo cual, se determina que la polifarmacia de manera insensata es aquella donde se lleva la práctica de la prescripción irracional de los medicamentos, por lo tanto en México, la Guía de Práctica Clínica de Prescripción Farmacológica indica como polifarmacia más de tres medicamentos. Aunado a esto está considerada a los factores de riesgo en la automedicación puesto que la población suele ser atendida por distintos médicos, diferentes niveles de atención lo cual es posible que los individuos fragmenten y/o combinen los medicamentos sin contar con la información necesaria (Poblano-Verástegui et al., 2020).

Consecuentemente las principales causas de automedicación son (Leonel et al., 2020):

- Falta de tiempo.
- Fácil acceso a los medicamentos.
- Factor económico.

Debido a esto, uno de los factores de riesgo para la automedicación son las características económicas con las que cuenta dicho individuo, ya que cuando la persona tiene un buen nivel económico normalmente no se omite la consulta de un profesional de salud para cubrir sus necesidades pero por otro lado una persona con bajos recursos económicos al no poder cubrir los gastos de la consulta y los medicamentos toma como mayor accesibilidad el hecho de comprar solo un medicamento que reduzca su malestar, lo cual puede significar un riesgo ya que no está fundamentado su consumo, no cumple con un tratamiento completo y aún más grave es que puede generar resistencia al medicamento que consume comúnmente porque anteriormente le funcionó por lo que abusa de su uso. Es por esto que la cuestión económica es de los factores más influyentes para el acto de automedicarse. Otro de los factores que influyen son los culturales, destacando como ejemplo, los medios publicitarios puesto que es una alternativa como fuente de información sobre

los medicamentos de venta libre (OTC) para tratar ciertas dolencias. Este estudio es de gran importancia para el público en general ya que también pretende determinar la intervención sobre la decisión al tomar medicamentos por ejemplo la influencia que ejerce la publicidad farmacéutica en el uso de los medicamentos OTC que son adquiridos en farmacias o pequeños negocios, conlleva a que las personas no puedan tomar decisiones racionales sobre la utilización de medicamentos. El consumo de medicamentos OTC puede llegar a resultados indeseables como la presencia de reacciones adversas, siendo esto un riesgo para el individuo que los consume (Sánchez-Sánchez et al., 2021).

Entre los principales efectos adversos en la automedicación son (Rivera C., 2020):

- Intoxicaciones.
- Náuseas.
- Diarrea.
- Gastritis.
- Falta de efectividad cuando se administran dosis insuficientes a las adecuadas no produciendo un efecto deseado.
- Dependencia.
- Adicción.
- Interacción a otros medicamentos y alimentos.

De tal forma la Fundación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) menciona que en el país mexicano, es una práctica muy usual refiriéndose a la automedicación. Las personas adultas van a la farmacia a comprar los medicamentos así mismo señala que las recetas no se respetan a su totalidad ya que propiamente los medicamentos se pueden adquirir sin necesidad de ellas. La cual nombran como “Automedicación, práctica arraigada en los mexicanos: UNAM”; mencionan que los mexicanos suelen visitar a un profesional de la salud cuando se encuentran en situaciones de gravedad, cuando presentan mucho dolor o la presencia de algún sangrado. De tal manera que también se suma como factor principal el alto costo de las consultas; así como el precio de los medicamentos, por lo tanto, muchas familias mexicanas deciden administrarse los medicamentos sobrantes de alguna consulta anterior, en dosis y horarios que quizás no recuerdan. Otro factor que se suma a que realicen esta costumbre es que los pacientes confían bastante en las recomendaciones hechas por sus familiares, conocidos y/o amigos ya que a estos les funcionó correctamente. Adicional a los anteriores suma otro factor que son las sugerencias hechas por los mismos empleados de las farmacias (Fundación UNAM, 2021).

Así mismo, en un estudio realizado a jóvenes que acudieron al Centro de Salud San Pedro de Huaca en 2020 menciona en los resultados que

obtuvieron el 76% de los adultos participantes optaron por automedicarse y que una de las principales complicaciones fue la dependencia; en un 47% implicando riesgos para la salud por desconocimiento de los medicamentos (Aveiga Hidalgo et al., 2021).

Por lo anterior se investigó sobre los factores de riesgo que favorecen la automedicación en la población que acuden al Centro de Salud ya que así se contribuye a establecer los factores de riesgo en la automedicación en la población adulta de la Delegación de Santa Rosa Jáuregui, Querétaro.

## **Métodos**

La presente investigación se trata de un estudio de tipo observacional, prospectivo, transversal y analítico. Llevado a cabo en el Centro de Salud de la Delegación de Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, México. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México en 2020, la población total del censo son 22,168 habitantes (Santa Rosa Jáuregui Querétaro Arteaga, Querétaro, 2020). Por lo anterior, el valor de la muestra es de 185 pacientes que participaron en el estudio aplicado en un periodo de los meses de abril y mayo del 2022.

El estudio previamente fue aprobado por el Comité de Investigación y el Comité de Bioética de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) con número de registro 428/FE-SI-04-10-21 (LE) y fecha del 07 de marzo de 2022, quienes determinaron que cumple con los lineamientos establecidos en el Código de Núremberg, Declaración de Helsinki y la Ley General de Salud para la realización de la misma. Posteriormente por el directivo del Centro de Salud de Santa Rosa Jáuregui donde se presentó el proyecto, correspondiente a la Secretaría de Salud del Estado de Querétaro.

Para la investigación se optó por criterios de selección; por medio de criterios de inclusión: como adultos de ambos sexos, mayores de edad, los participantes encontrarse en el Centro de Salud, aprobación para participar en el estudio (consentimiento informado).

La prueba piloto y la recolección final de los datos se manejó mediante un formulario de Google, debido a las medidas de prevención por Covid-19. Fue enviado a los pacientes para ser respondido con adecuadas instrucciones en el formato. El pilotaje se aplicó a 19 personas, demostrando que la herramienta fue de fácil entendimiento.

Para la recolección de datos se utilizó una encuesta sociodemográfica y los instrumentos que se utilizaron en esta investigación fueron dos cuestionarios, “Cuestionario para los factores en la automedicación” autor Delgado R. (2018), el cual contiene tres dimensiones, la primera parte abarca el factor social este ítem consta de una pregunta, la segunda comprende el factor económico este ítem consta de dos preguntas y la tercer parte el factor cultural el cual consta de cinco preguntas. El segundo cuestionario

“Cuestionario para la automedicación” autor Chávez (2017), consta de 10 items cerradas con tres posibles respuestas y cuantificadas, las cuales son establecidas por el autor como: Nunca 1 punto, a veces 2 puntos y siempre 3 puntos. Los cuales cuentan con una confiabilidad de 0,812 (Quiñonez M. 2020).

Se construyó una base de datos con el programa estadístico IBM SPSS versión 25 (licencia universitaria) para realizar el análisis correspondiente. Para el análisis descriptivo, se empleó media para las variables numéricas; para las variables categóricas, se presenta frecuencias absolutas y porcentajes. En la presentación de resultados, por medio de tablas resumen y gráficos de barra y circular.

## Resultados

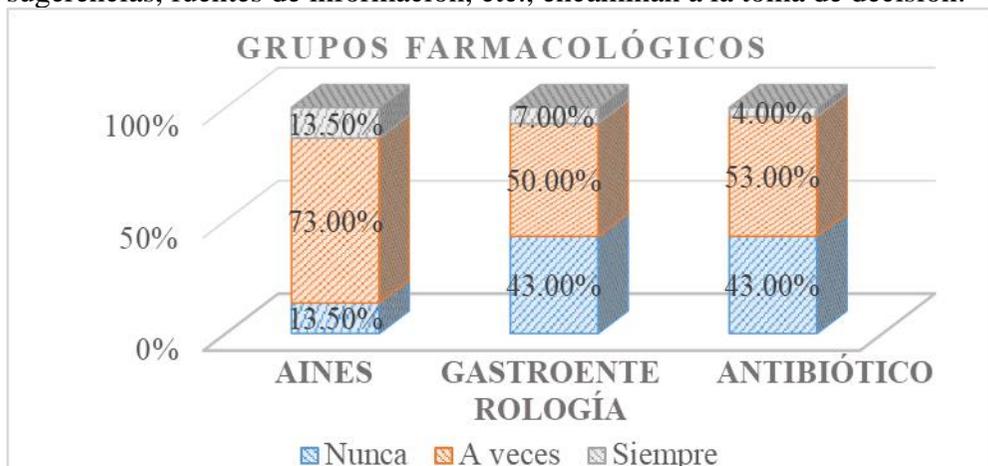
Se aplicaron 185 cuestionarios, la edad promedio de los participantes fue de 30 años. En la tabla 1 se muestran los siguientes resultados:

**Tabla 1.** Factores de riesgo en la automedicación

Factores sociodemográficos			
	Total (n=185)	%	
Género	Hombre	90	49%
	Mujer	95	51%
Grado escolar	Primaria	10	5.4%
	Secundaria	31	16.8%
	Preparatoria	47	25.4%
	TSU/Universidad	97	52.4%
Factor social			
Derechohabiencia			
INSABI (Instituto de Salud para el Bienestar)	53	29%	
IMSS (Instituto Mexicano Del Seguro Social)	82	44%	
ISSSTE (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado)	15	8%	
Atención médica privada	16	9%	
No cuenta con atención médica	19	10%	
Factor económico			
Ingreso mensual			
\$1,800.0 a \$2,500.0 MXN	27	15%	
\$2,500.0 a \$4,000.0 MXN	30	16%	
Mayor a \$4,000.0 MXN	128	69%	
Factor cultural			
Lugar de adquisición de medicamentos			
Farmacias o botica	135	73%	
Establecimientos de salud	40	22%	
Tiendas	10	5%	

Fuente de información de uso	Televisión	3	2%
	Internet	48	26%
	Farmacéutico	61	33%
	Recetas anteriores	47	25%
	Conocimiento propio	19	10%
	Pláticas/charlas	7	4%
Recomendación de uso	Farmacéutico	34	19%
	Familiares y/o amigos	56	30%
	Decisión propia	95	51%
Conocimiento de efectos adversos	Si	93	50.2%
	No	92	49.8%
La automedicación es un riesgo	Si	173	94%
	No	12	6%

La automedicación en la actualidad se comprende por diversos factores de riesgo, por ejemplo, factores sociodemográficos, sociales, económicos, culturales (Tabla 1) con la información y la educación sanitaria, respecto al conocimiento, acceso a los medicamentos, situación financiera que se establece en los resultados resalta que el factor social refiere a los porcentajes más altos, los cuales cuentan con seguridad social ya sea del sector público o privado, en cuanto a esto es un indicador a que acuden a consultas médicas y determinadamente guardan recetas anteriores y medicamentos sobrantes para futuros síntomas, de la misma manera que con el factor cultural es un factor de riesgo debido a que lugares de adquisición, recomendaciones y/o sugerencias, fuentes de información, etc., encaminan a la toma de decisión.



**Figura 1.** Grupos farmacológicos más usados para automedicarse

El motivo más frecuente en que los entrevistados se automedican con Antiinflamatorios no esteroideos (AINES) son: el dolor. La participación de los usuarios respecto a los síntomas de enfermedades gastrointestinales refirieron a las diarreas como principal causa de automedicación. De los 185 participantes 98 mencionaron que “a veces” se automedican con antibióticos, lo cual refieren que son sobrantes de recetas anteriores (Figura 1), puesto que en México está regulado la venta de los mismos con receta médica. Sin embargo, se ha visto que existen algunos farmacéuticos que venden ciertos medicamentos sin receta médica (antibióticos), por lo cual la regulación está por las Leyes de Salud y la Norma Oficial Mexicana que deberá ser cumplidas.



Figura 2. Reacciones adversas

Indicaron en la gran parte nunca presentar reacciones adversas (Figura 2) por lo tanto para los usuarios es considerado como un factor de riesgo para volver a automedicarse.

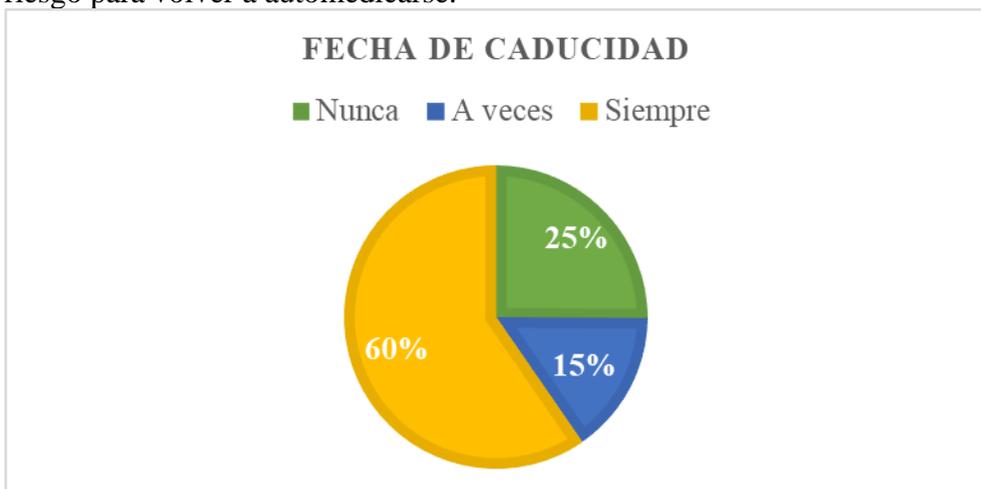


Figura 3. Verificación de fecha de caducidad

De acuerdo a los resultados obtenidos resalta que una cuarta parte de los participantes no revisan la fecha de caducidad (Figura 3), siendo un dato importante al momento de tomar los fármacos ya que esté es un indicador para la eficacia y seguridad.

## **Discusión**

La automedicación es una conducta frecuente en las personas para el mejoramiento de síntomas, por lo tanto, en relación a con este estudio indican lo siguiente: automedicación en la época de pandemia de Covid-2019 en Lima Perú, menciona la frecuencia de sexo cambio es decir respecto a las mujeres se elevó a 51.8% lo cual está relacionado con los hallazgos de la presente investigación mostrando un 51%. Así mismo, está práctica está asociada con problemas de seguridad, también con el gasto económico refleja una coincidencia con el presente estudio, ya que este concuerda con la fecha aún en temporada de covid-19 dado que la recolección de datos se llevó a cabo en los meses de abril y mayo del 2022, los analgésicos y antiinflamatorios combinado con antibiótico sin prescripción fue de 39.2% por lo tanto existe relevancia con el desglose en los resultados obtenidos de la frecuencia de consumo de AINES 73.00% a veces y 13.50% siempre; por lo tanto, con los antibióticos 52.97% a veces y 4.32% siempre. La automedicación es una realidad que es un problema para los sistemas de salud, por ello, en situaciones como las que se presentan, por ejemplo, la pandemia se deberá hacer un mayor esfuerzo para un control más estricto y fortalecer las acciones para disminuir está práctica (Navarrete-Mejía et al., 2020).

La población encuestada en este estudio abarcando de manera general todo tipo de fármaco para el uso de medicamentos sin prescripción médica antes mencionados (AINES, antibióticos, etc.), por lo que esto concuerda con un estudio realizado en las farmacias comunitarias ubicadas en Hail, Arabia Saudita. Los participantes fueron aquellos que acudían a las farmacias para comprar medicamentos, de los cuales adquirieron para el dolor de cabeza (85.8%), resfriado y dolor de garganta (80.8%), tos (75.7%) y fiebre (71.8%). Considerando que tenían ahorro de tiempo (82,2 %), alivio más rápido (66,1%) y el factor económico (61,2%) resulta más accesible. Lo que resulta en ambos estudios relacionados es que las personas son conscientes de las consecuencias contraproducentes de la automedicación (Ansari et al., 2020).

El principal lugar donde las personas adquieren los medicamentos es en la farmacia con un (73%), establecimientos de salud (medicamentos que les habían proporcionado en recetas anteriores) con el (22%) y en tiendas con un (5%), de acuerdo a un estudio realizado a estudiantes universitarios nivel universitarios postgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN) menciona que en la farmacia es el principal lugar donde acuden por los medicamentos con un

(64.4%), reserva en casa (46.4%), supermercado (9.2%) y (5.6%) lo obtienen con un familiar de un hospital (Alba et al, 2020).

Así mismo la polifarmacia en México en 2020, de acuerdo a un análisis descriptivo de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición menciona que obtuvo la prevalencia de la polifarmacia a través de los cuestionarios “Utilización de servicios (sección de medicamentos) y el Cuestionario de hogares (consumo de mayor o igual a 5 medicamentos)” de este modo se estimó la relación de la polifarmacia con los factores sociodemográficos y asistenciales. Si bien los resultados determinaron que la polifarmacia se asocia a enfermedades crónico degenerativas y algunos factores sociodemográficos de tal manera se menciona que se tiene que mejorar la calidad de atención específicamente la prescripción farmacológica a la población con mayor riesgo. De acuerdo a lo anterior se relaciona con este estudio ya que de acuerdo a los resultados obtenidos en los factores sociodemográficos se consideró como principales el género y el grado escolar obteniendo como resultados un total del 49% de hombres y 51% de mujeres, de los cuales el grado escolar más alto con un 52.4% realizaron un TSU/ Universidad, considerando que son personas que tienen ciertos conocimientos al consumo de medicamentos por lo cual tienen fácil acceso a más información para esta práctica en los adultos jóvenes que poseen varios medios (Poblano-Verástegui et al., 2020).

Es importante identificar como las personas saben sobre la utilidad y forma de consumo de los medicamentos que se han utilizado o que van a utilizar, esto considerando como una fuente de información por lo que se obtuvo de resultados como principal medio es la orientación que les brinda el farmacéutico (33%), como bien se reconoce el uso de internet como medio para buscar información con un (26%), recetas anteriores con (25%) reconociendo los síntomas anteriores y asociándolos, conocimiento propio con un (10%), pláticas o charlas con familiares o amigos tiene un (4%) siendo un medio de recomendación y finalmente con un (2%) otro de comunicación masivo, la televisión. Esto se relaciona con el estudio realizado a pacientes que acuden al Centro de Salud San Pedro de Huaca en 2020, refiere como principal medio de información es internet con un (29%), seguido de anuncios publicitarios de la televisión con un (25%), recomendación por amigos (18%) y por familiares (14%), anuncios de la radio (7%), anuncios en el periódico (3%) y otros con un (4%), en base a las respuestas y la relación que existe entre ellas se puede determinar que los medios de comunicación juegan un papel muy importante así como la población en sí es decir la opinión que se obtiene con el farmacéutico, los familiares y/o amigos para que tomen la iniciativa de automedicarse (Aveiga Hidalgo et al., 2021).

## Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación si existen factores de riesgo para la automedicación, las personas la consideran útil debido a la mejoría de sus síntomas. Enfatizando los factores de riesgo en la automedicación enfocan a las diversas situaciones que puede provocar esta práctica, así mismo, es fundamental reconocer que grupo farmacológico es más usado y por supuesto relacionarlo con las bases donde obtienen la información, cabe destacar que algunos de los grupos usados por los participantes a este estudio no necesariamente requieren de prescripción médica para realizar la compra de los mismos, sin embargo, considerando el consumo irracional y los posibles efectos adversos que conllevan continúan con su uso de acuerdo a las necesidades de salud, falta de tiempo, el coste por acudir a salud privada y los ingresos económicos de cada persona. Finalmente es importante concretar que de acuerdo a lo reflejado, los servicios de salud y la población en general adultos concientizar en la prevención de uso racional de medicamentos de tal forma generar nuevas estrategias con el propósito de evitar el enmascaramiento de signos y síntomas como parte del autocuidado haciendo uso responsable de los medicamentos.

**Agradecimientos:** Gracias infinitas a mis padres, a mi pareja que siempre me ha brindado su apoyo incondicional, son mis pilares. Al Dr. Alberto Juárez Lira por su dedicación.

**Estudios humanos:** El estudio previamente fue aprobado por el Comité de Investigación y el Comité de Bioética de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) con número de registro 428/FE-SI-04-10-21 (LE) quienes determinaron que cumplió con lo establecido, posteriormente por los directivos del Centro de Salud de Santa Rosa Jáuregui, perteneciente a la Secretaría de Salud del Estado de Querétaro para llevarla a cabo.

**Conflictos de intereses:** Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses puesto que no recibió ningún financiamiento para el presente proyecto de investigación.

**Contribuciones del autor:** Todos los autores contribuyeron de forma sustancial a la elaboración, análisis y revisión del presente artículo.

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

## References:

1. Alba LA, Papaqui AS, Castillo NF, Medina TJR, Papaqui HJ, Sánchez AR. Principales causas de automedicación en estudiantes del área de la salud. *Rev CONAMED* 2020;25 (1):3-9. doi:10.35366/92889.
2. Altamirano Orellana, V., Hauyón González, K., Mansilla Cerda, E., Matamala Muñoz, F., Morales Ojeda, I., Maury-Sintjago, E., & Fernández, A. R. (2019). Automedicación en estudiantes de una residencia universitaria en Chillán, Chile. *Revista Cubana de Salud Pública*, 45, e1189.
3. Ansari, M., Alanazi, A., & Moin, A. (2020). Consumers' awareness, attitude and associated factors towards self-medication in Hail, Saudi Arabia. *PloS One*, 15(4), e0232322. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232322>
4. Aveiga Hidalgo, M. V., Alonzo Pico, O. M., Villarreal Ger, M. C., Aveiga Hidalgo, M. V., Alonzo Pico, O. M., & Villarreal Ger, M. C. (2021). Complicaciones asociadas a la automedicación y sus efectos adversos en los adultos jóvenes que acuden al centro de salud Huaca. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(SPE4). <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2813>
5. Crece el mapa de motivaciones para automedicarse - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. (2021). Recuperado de <https://www.paho.org/es/noticias/4-3-2021-crece-mapa-motivaciones-para-automedicarse>
6. Fundación UNAM (2021). Automedicación, práctica arraiga en los mexicanos. [Internet] Recuperado el 4 de mayo de 2021, de <https://www.fundacionunam.org.mx/unam-al-dia/automedicacion-practica-arraigada-en-los-mexicanos-unam/>
7. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Subirán. *incmnsz.mx*. (2019). Consultado el 11 de abril de 2021 en <http://www.incmnsz.mx/Noticias/2019/Sintesis21Noviembre2019.pdf>
8. Leonel, A. A., Alba, S. P., Nájera, F. C., Torres, J. R. M., Hernández, J. P., & Ahedo, R. S. (2020). Principales causas de automedicación en estudiantes del área de la salud. *Revista CONAMED*, 25(1), 3–9.
9. Navarrete-Mejía, P. J., Velasco-Guerrero, J. C., Loro-Chero, L., Navarrete-Mejía, P. J., Velasco-Guerrero, J. C., & Loro-Chero, L. (2020). Automedicación en época de pandemia: Covid-19. *Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 13(4), 350–355. <https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2020.134.762>
10. Oliveira de Sousa, F. F., & Monteiro, M. (2020). Percepción asociada a la automedicación con antimicrobianos en farmacias de Fortaleza,

- Brasil. Atención Primaria, 52(2), 125–127.  
<https://doi.org/10.1016/j.aprim.2019.06.006>
11. Parabavidez, S. (2022, noviembre 2). ¿Qué es la automedicación? Policlínica Metropolitana.  
<https://policlinicametropolitana.org/informacion-de-salud/que-es-la-automedicacion/>
  12. Poblano-Verástegui, O., Bautista-Morales, A. C., Acosta-Ruíz, O., Gómez-Cortez, P. M., & Saturno-Hernández, P. J. (2020). Polifarmacia en México: un reto para la calidad en la prescripción [Polypharmacy in Mexico: a challenge for prescription quality]. *Salud pública de México*, 62(6), 859–867. <https://doi.org/10.21149/11919>
  13. Quiñonez M. Factores asociados a la automedicación en estudiantes de enfermería de la Universidad Nacional del altiplano puno 2018. [ Tesis para optar el título profesional de licenciada en enfermería]. Puno: Universidad Nacional del Altiplano de Puno, 2020.
  14. Rivera C. (2020). Riesgos de la automedicación. Clínica Universidad de los Andes. Consultado el 16 de abril de 2021 en <https://www.clinicauandes.cl/noticia/riesgos-de-la-automedicacion>.
  15. Sánchez-Sánchez, E., Fernández-Cerezo, F. L., Díaz-Jimenez, J., Rosety-Rodriguez, M., Díaz, A. J., Ordonez, F. J., Rosety, M. Á., & Rosety, I. (2021). Consumption of over-the-Counter Drugs: Prevalence and Type of Drugs. *Int. j. Environ. Res. Public Health* (Online). <https://dx.doi.org/10.3390/ijerph18115530>
  16. Santa Rosa Jáuregui (Querétaro Arteaga) Querétaro. (2020). [mexico.PueblosAmerica.com](https://mexico.pueblosamerica.com). Recuperado de <https://mexico.pueblosamerica.com/i/santa-rosa-jauregui/>
  17. Universidad de Colima (2019). Automedicarse, un riesgo para la salud: Experto. Recuperado de [https://www.ucol.mx/enterate/nota\\_6705.html](https://www.ucol.mx/enterate/nota_6705.html)

## **Pétrographie et géochimie des leucogranites de la région de Sassandra (Domaine Baoulé-Mossi au sud-ouest de la Côte d'Ivoire)**

*Clovis Blanchard Gballou, PhD*

*Alain Nicaise Kouamelan, Enseignant-Chercheur*

*N'Guéssan Nestor Houssou, Enseignant-Chercheur*

*Joseph Koffi Brou, Enseignant-Chercheur*

UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières

Laboratoires Géologie, Ressources Minières et Energétiques

Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan, Côte d'Ivoire

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p250](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p250)

Submitted: 27 March 2024

Accepted: 14 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Gballou C.B., Kouamelan, A.N., Houssou N.N. & Brou J.K. (2024). *Pétrographie et géochimie des leucogranites de la région de Sassandra (Domaine Baoulé-Mossi au sud-ouest de la Côte d'Ivoire)*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 250.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p250>

### **Résumé**

La zone d'étude se trouve dans la région de Sassandra au sud-ouest de la Côte d'Ivoire à l'extrême-est de la zone dite SASCA. Dans l'objectif d'apprécier les manifestations des événements ultimes éburnéens dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire, nous nous intéressons à la pétrographie et à la géochimie des leucogranites associés particulièrement aux bordures de la granodiorite de Sassandra. Au niveau pétrographique, on distingue deux types de leucogranites : il s'agit de syénogranites à deux micas, riches en feldspath potassiques à texture grenue moyenne ou pegmatitiques qui s'observent aussi bien à l'est qu'à l'ouest du massif et de leuco-monzogranites à biotite ± muscovite, à texture grenue fine à grossière identifiés uniquement à l'ouest. L'analyse des éléments majeurs révèle que toutes ces roches sont calco-alcalines. Les syénogranites montrent pratiquement les mêmes caractéristiques que les granites à deux micas antérieurement étudiés dans la zone SASCA. Ils sont alcali-calciques, ferriques et faiblement à fortement peralumineux, avec une affinité essentiellement granitique et ont une origine tonalitique et sédimentaire. Les leuco-monzogranites sont moins ferriques,

calciques à calco-alcalins et faiblement peralumineux. Ils présentent une affinité trondhjémitique et proviendraient de la fusion de roches mafiques faiblement potassiques. Le magmatisme leucogranitique dans la zone SASCA aurait eu lieu au cours d'une période orogénique syn à post collisionnelle où processus de recyclages crustaux et processus juvéniles auraient opéré concomitamment.

---

**Mots-clés:** Leuco-monzogranite, syénogranite, lithogéochimie, SASCA, domaine Baoulé-Mossi

---

## **Petrography and Geochemistry of Leucogranites in the Sassandra Region. (Baoulé-Mossi Domain in the South-West of Côte d'Ivoire)**

*Clovis Blanchard Gballou, PhD*

*Alain Nicaise Kouamelan, Enseignant-Chercheur*

*N'Guéssan Nestor Houssou, Enseignant-Chercheur*

*Joseph Koffi Brou, Enseignant-Chercheur*

UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières

Laboratoires Géologie, Ressources Minières et Energétiques

Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

The study area is situated in the Sassandra region of southwestern Côte d'Ivoire, namely in the far eastern part of the SASCA zone. In order to assess the effects of the ultimate Eburnean events in southwestern Côte d'Ivoire, we are focusing on the petrography and geochemistry of the leucogranites that are specifically connected with the edges of the granodioritic massif of Sassandra. From a petrographic perspective, there are two distinct types of leucogranite: two-mica syenogranites, which are abundant in potassic feldspar and have a medium-grained or pegmatitic texture, found in both the eastern and western parts of the massif; and biotite-±muscovite leucomonzogranites, which have a fine to coarse-grained texture and are exclusively found in the western region. Examination of major elements analysis reveals that all of these rocks are calc-alkaline. The syenogranites have nearly identical attributes to the two-mica granites that were previously examined in the SASCA zone. The rocks are alkali-calcic, ferroan, and exhibit varying degrees of peraluminous character. They mostly display a granitic composition, originating from tonalitic and sedimentary sources. Leucomonzogranites are less ferroan, calcic to calc-alkaline and weakly peraluminous. They have trondhjémitic affinity

and are believed to have originated from melting of weakly potassic mafic rocks. Leucogranitic magmatism in the SASCA zone would have occurred in a syn- to post-collisional period where crustal recycling processes and juvenile processes would have operated concomitantly.

---

**Keywords:** Leuco-monzogranite, syenogranite, lithochemie, SASCA, Baoulé-Mossi domain

## Introduction

Le socle birimien est composé de ceintures de roches vertes au sein desquelles apparaissent de nombreuses intrusions de granitoïdes. Les granitoïdes birimiens sont très diversifiés et ont constitué depuis plus de cinq décennies le centre d'intérêt de nombreuses études géologiques dans le domaine Baoulé-Mossi (Figure 1) du craton ouest africain (Casanova, 1973 ; Yobou, 1993 ; Ouattara, 1998 ; Doumbia *et al.*, 1998 ; Naba *et al.*, 2004 ; Ilboudo *et al.*, 2013 ; Kouassi *et al.*, 2018 ; Dago *et al.*, 2019 ; Brou *et al.*, 2021). Des études plus récentes ont permis de distinguer deux générations de granitoïdes en fonction de leurs âges et de leur composition chimique (Hirdes *et al.*, 1996 ; Doumbia *et al.*, 1998). La première génération de granitoïdes est représentée par des formations ayant une affinité de Tonalite-Trondhjemite-Granodiorite (TTG) et la deuxième génération comprenant deux sous-groupes selon Doumbia *et al.* (1998) : i) le sous-groupe des granites calco-alcalins potassiques et des granites peralumineux ; ii) le sous-groupe des granitoïdes alcalins. Les études sur les granites peralumineux et alcalins ont montré pour la plupart qu'il s'agissait pour l'essentiel de leucogranites affleurant en de petits corps lentiformes ou de réseaux filoniens dont l'âge de formation oscillerait entre 2000 et 1850 Ma (méthode Rb/Sr) voire jusqu'à 2080 Ma en systématique U/Pb sur zircon (Kone *et al.*, 1988 ; Toure *et al.*, 2009). Ce sont donc dans l'ensemble, des formations rapportées comme tardi- à post-orogéniques (Morel et Alinat, 1993 ; Toure *et al.*, 2009 ; Traore *et al.*, 2023). Si certains plutons leucogranitiques de Côte d'Ivoire (Ayamé, Ninakri, Troquoi, Okrouyo...) sont bien connus pour avoir été étudiés, ceux de la région de Sassandra (Figure 2), dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire, restent encore inexplorés et pourtant les granitoïdes sont réputés pour leur qualité en tant que de bons indicateurs géodynamiques (Pupin, 1988).

Dans cet article, nous présentons les caractéristiques pétrographiques et géochimiques des leucogranites de la région de Sassandra au sud-ouest de la zone de Côte d'Ivoire à l'extrême-est de la zone SASCA (Papon, 1973) dans le domaine Baoulé-Mossi (Figure 1) du craton ouest-africain. Du fait du caractère post-orogénique qui leur a été trouvé, l'étude des leucogranites birimiens permettrait de contraindre non seulement leur contexte de mise en place mais aussi de mettre en évidence certaines particularités des événements

fini-ébournés dans cette région de la Côte d'Ivoire qui manque cruellement d'informations géologiques inédites.

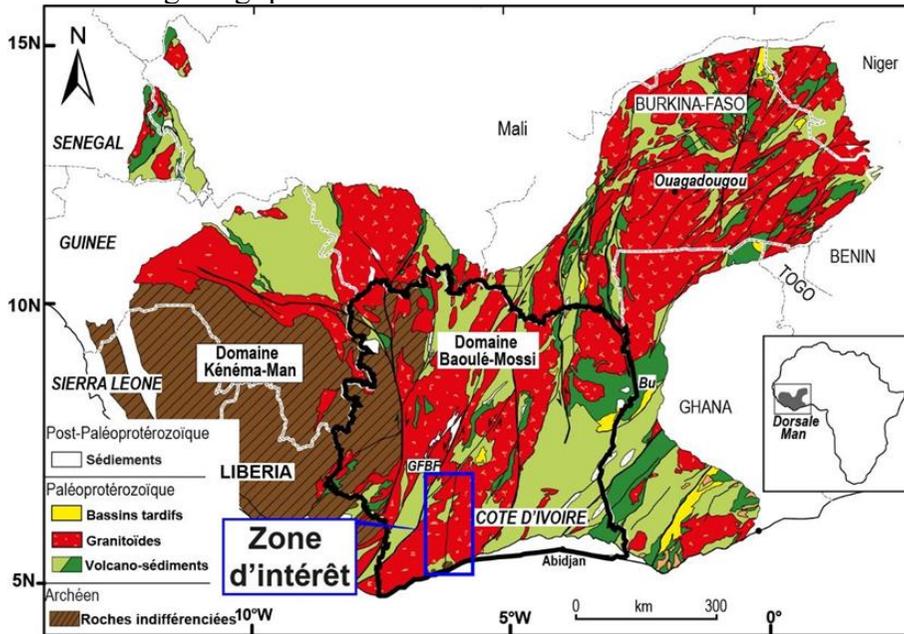


Figure 1 : Carte géologique de la dorsale de Man avec la zone d'intérêt (Milési et al., 2004 ; Thiéblemont et al., 2016a, 2016b)

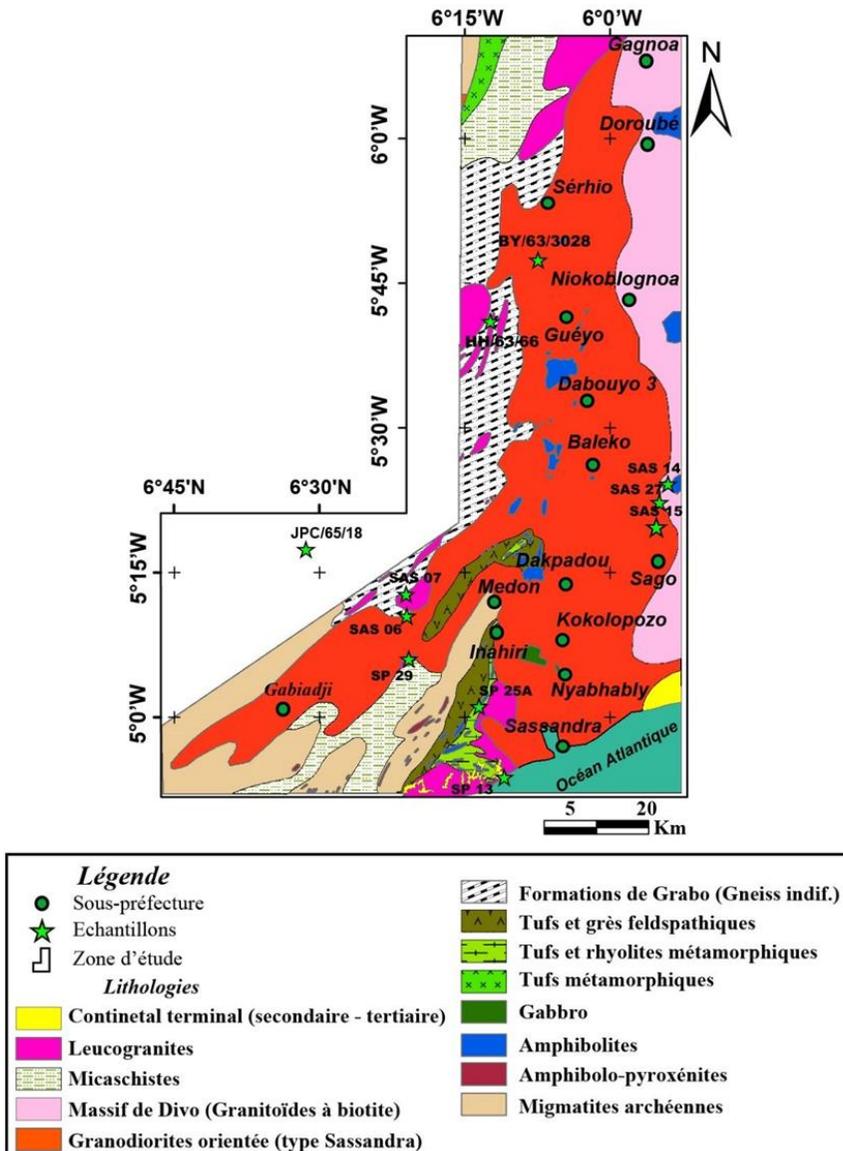


Figure 2 : Carte géologique de la zone d'étude extraite de la carte géologique de la Côte d'Ivoire et de SASCA (Tagini, 1972). Indif : indifférenciés

### Contexte géologique

La géologie du SW de la Côte-d'Ivoire a été révélée depuis la mission SASCA (de Sassandra-Cavally le nom des deux fleuves qui bordent la zone à l'est et à l'ouest). Cette zone a été délimitée géographiquement et décrite lors de la mission SASCA dont un rapport synthétique : « Géologie et minéralisations du Sud-ouest de la Côte-d'Ivoire. » a été rédigé par Papon (1973). SASCA donc désigne l'ensemble des formations géologiques du sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Les travaux de Kouamelan (1996) et Kouamelan *et*

*al.* (1997) ont mis en exergue des reliques achéennes au sein du Birimien avec la plus vieille roche de Côte d'Ivoire datée à 3,15 et 3,2 Ga (Kouamelan, 1996 ; Kouamelan *et al.*, 1997). Ces auteurs ont défini l'existence d'une zone de transition géographique entre le domaine archéen et le domaine birimien. À ces vieilles formations sont associées des formations plus jeunes datée entre 2090 et 2070 Ma qui affleurent en intrusion dans les migmatites et formations granitoïdiques du domaine SASCA. Elles constitueraient les dernières manifestations paléoprotérozoïques de cette zone (Koffi *et al.* 2022). Dans la région de Sassandra, les leucogranites sont associés au massif plutonique de Sassandra de composition globale granodioritique (Tagini, 1971 ; Papon, 1973 ; Kouamelan, 1996 ; Kouamelan *et al.*, 1997 ; Figure 2).

## Méthodes

L'étude des leucogranites de la région de Sassandra a été réalisée à partir de deux approches méthodologiques : une approche pétrographique (Figure 3) et une géochimie (éléments majeurs). L'analyse pétrographique a comporté deux volets à savoir une analyse macroscopique réalisée in-situ sur affleurements et échantillons et une analyse microscopique en lumière transmise effectuée au laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Énergétiques (LGRME) de l'Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Le microscope utilisé est de marque Optica B-150 muni de trois objectifs avec un grossissement x5, x20 et x40 et d'une assistance par ordinateur pour les prises de microphotographies. Ces données pétrographiques ont été affinées par les données géochimiques (Tableau 1).

En effet, la nomenclature des différentes formations étudiées a été réalisée en calculant les paramètres CIPW (Cross Idding, Person et Washington) ; (Cross *et al.*, 1902) des roches (Tableau 2) et en reportant les valeurs normatives de quartz (Q), feldspaths alcalins (Or+Ab) et anorthite (An) dans le diagramme  $2*Q-(Or + Ab)-4*An$  (Enrique, 2018); (Figure 3). Nous avons utilisé les compositions chimiques en éléments majeurs de 3 échantillons de granites à deux micas (HH/63/66, BY/63/3028 et JPC/65/18) issus des travaux de Papon (1973) et la composition en éléments majeurs sur roche totale de 7 nouveaux échantillons de leucogranites à titre comparatif. Les éléments majeurs ont été dosés par Fluorescence de Rayons X (XRF) l'aide d'un appareil XRF-1500 selon la méthode analytique XF700 (Skursch *et al.*, 2020) et (Digbeu *et al.*, 2022). Ces nouvelles analyses ont été réalisées au laboratoire d'analyse minérale du Bureau Veritas Commodities Canada, Ltd. Le traitement des données et la construction des diagrammes ont été réalisés à l'aide des logiciels Microsoft Excel et GCDKits 6.0 in R 3.6.0 (Janoušek *et al.*, 2006). La composition chimique et les paramètres CIPW des différents échantillons sont respectivement répertoriés dans les tableaux 1 et 2.

## Résultats

### Données pétrographiques

#### Leuco-monzogranites

Les leuco-monzogranites (SP 29 et SP 25A) affleurent sous formes de dalles dans la branche sud-ouest du massif granodioritique de Sassandra et sur le littoral à 7 km environ à l'ouest de la ville de Sassandra (SP 13). Deux faciès y ont été identifiés. Un faciès de couleur blanchâtre à texture grenue fine, un autre rosâtre à texture grossière (Figure 3a) à sub-pegmatitique homogène montrant des cristaux millimétriques à pluri-centimétriques (Figure 3a). Elles sont riches en filons pegmatitiques orientés diversement. En lame mince, la paragenèse est généralement dominée par le plagioclase et/ou le quartz accompagnés de grands cristaux de microcline à surface limpide. La biotite aussi est très représentée avec des sections subautomorphes orientées ou anastomosées avec de l'épidote, de la muscovite subordonnée, plagioclase, quartz (Figure 3b) et parfois du sphène. Cette minéralogie est typique des monzogranites (Figure 3). Le terme le mieux approprié à ces derniers est « Leuco-monzogranites ». Ce sont des roches parfois très fracturées si bien que l'ensemble des cristaux est affecté par de nombreuses cassures orientées diversement.

#### Syénogranites

Ces roches ont été observées à l'est et à l'ouest de la zone sur les bordures du massif plutonique de Sassandra. Pour tenir compte des distinctions liées à leur disposition de terrain, nous les avons scindés en deux groupes : les syénogranites de la bordure ouest et les syénogranites de la bordure est.

**Tableau 1 : Composition en éléments majeurs des leucogranites de Sassandra**

Localité	Pauli-plage	Sahoua	Lobakuya	Bolakuya	Lobakuya	Gobroko	Badjéboué	Riv. Lélé	Inaghébio	Bahourio
Type de roches	Leuco-monzogranites			Syénogranites				Granite à 2 micas (Papon, 1973)		
	SP 13	SP 25A	SP 29	SAS 06	SAS 07	SAS 14	SAS 15	HH/63/66	BY/63/3028	JPC/65/18
SiO <sub>2</sub>	73,9	76,7	71,5	70,2	72,6	73,5	75,6	71,55	67,88	73,23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,1	12,6	14,3	15,8	15,3	13,7	13,5	14,33	14,45	15,42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,09	1,89	3,09	2,49	1,98	2,28	1,13	1,43	0,86	0,16
MnO	0,03	0,02	0,05	0,03	0,03	0,04	0,02		0,02	0,01
MgO	0,34	0,29	0,6	0,61	0,34	0,25	0,06	0,44	0,66	0,24
CaO	2,07	1,65	2,4	1,12	1,33	0,9	0,76	1,79	2,43	1,06
Na <sub>2</sub> O	5,02	4,37	4,49	4,07	4,93	3,31	4,01	2,9	4,3	3,85
K <sub>2</sub> O	1,64	1,75	2,22	4,5	2,77	5,39	4,68	5,9	4,9	4,4
TiO <sub>2</sub>	0,16	0,2	0,28	0,25	0,13	0,13	0,06	0,31	0,83	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04	0,03	0,07	0,13	0,16	0,03		0,04	0,15	0,04
PF	0,05	0,23	0,15	0,63	0,15	0,13	-0,14			
Total	99,44	99,73	99,15	99,83	99,72	99,66	99,68	98,69	96,48	98,41
Mg#	15,31	14,57	17,75	21,40	16,03	10,86	5,57	25,48	46,03	62,50
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	6,66	6,12	6,71	8,57	7,70	8,70	8,69	8,80	9,20	8,25
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0,33	0,40	0,49	1,11	0,56	1,63	1,17	2,03	1,14	1,14
A/CNK	1,02	1,04	1,01	1,16	1,13	1,06	1,03	0,99	0,86	1,18

Riv. : rivière

**Tableau 2 : Paramètres CIPW des leucogranites de Sassandra**

Localité	Pauli- plage	Sahoua	Lobakuya	Bolakuya	Lobakuya	Gobroko	Badjéboué	Riv. Lélé	Inagbéhio	Bahourio
Type de roches	Leuco-monzogranites			Syénogranites				Granite à 2 micas (Papon, 1973)		
	SP 13	SP 25A	SP 29	SAS 06	SAS 07	SAS 14	SAS 15	HH/63/66	BY/63/3028	JPC/65/18
Quartz	33,60	40,71	31,06	26,37	30,43	31,41	32,65	27,73	19,53	31,49
Corindon	0,40	0,59	0,31	2,51	2,16	0,86	0,46	0,01	0,00	2,49
Orthose	9,69	10,34	13,12	26,59	16,37	31,85	27,66	34,87	28,96	26,00
Albite	42,48	36,98	37,99	34,44	41,72	28,01	33,93	24,54	36,39	32,58
Anorthite	10,01	7,99	11,45	4,71	5,55	4,27	3,77	8,62	5,65	5,00
Diopside	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,03	0,00
Hypersthène	0,85	0,72	1,50	1,52	0,85	0,62	0,15	1,10	0,70	0,60
Magnétite	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Ilménite	0,06	0,04	0,11	0,06	0,06	0,09	0,04	0,00	0,04	0,00
Hématite	2,09	1,89	3,09	2,49	1,98	2,28	1,13	1,43	0,86	0,14
Sphène	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,98	0,00
Rutile	0,13	0,18	0,22	0,22	0,10	0,09	0,04	0,31	0,00	0,00
Apatite	0,10	0,07	0,17	0,31	0,38	0,07	0,00	0,10	0,36	0,10
Total	99,40	99,51	99,01	99,22	99,59	99,54	99,83	98,70	96,50	98,42
IF = 100xOr/(Ab+An)	18,47	23,00	26,54	67,94	34,63	98,69	73,35	105,15	68,88	69,20

IF : indice feldspathique

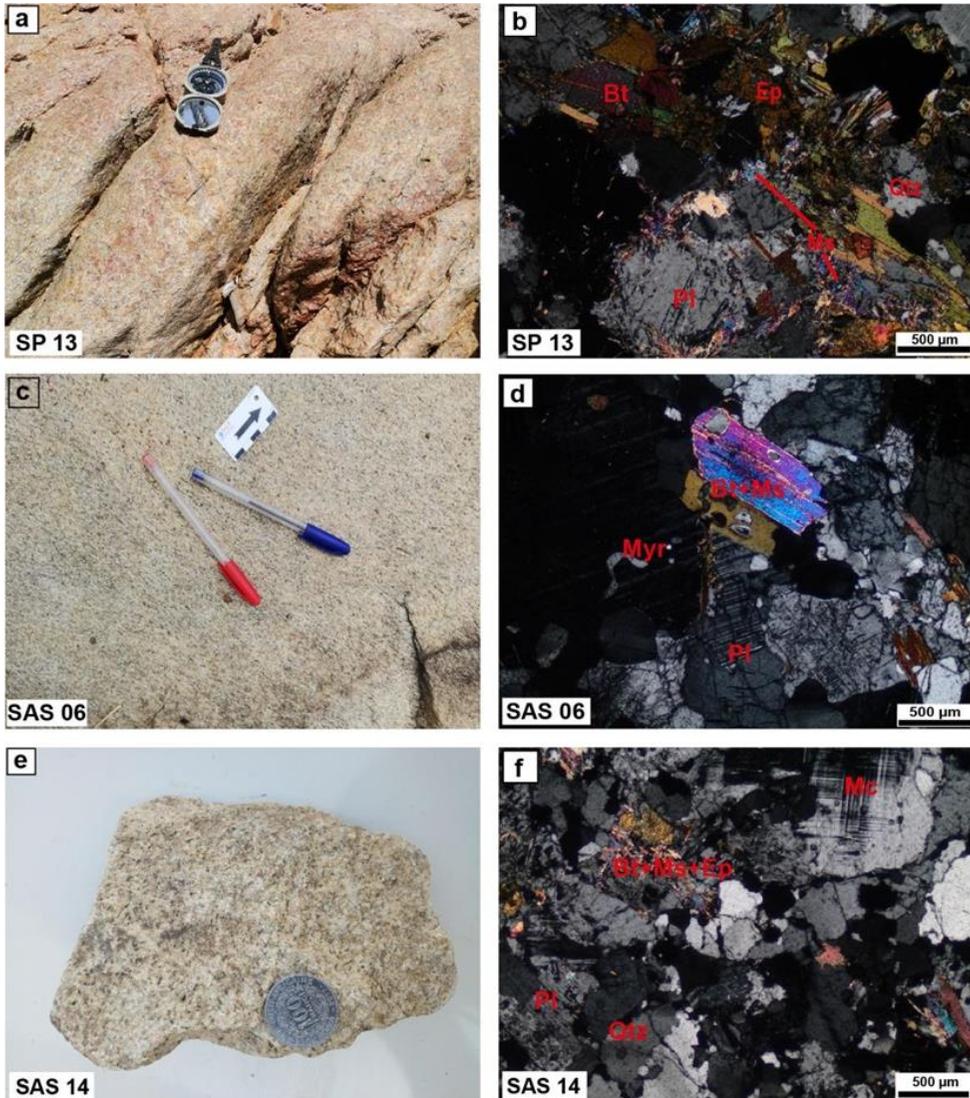
### Syénogranites-ouest

Les syénogranites-ouest affleurent sur la bordure ouest de la zone vers la localité de Gabiadji et ses environs (Sahoua, Labakuya) où les échantillons SAS 06, SAS 07 ont été prélevés (Tableau I). Les affleurements se présentent généralement sous forme de petites dalles lentiformes de couleur rosâtre, à structure faiblement orientée, affectées par une schistosité pénétrative N060° (Figure 3c). En lame mince, la texture est grenue homogène et la composition minéralogique est généralement à quartz + plagioclase + biotite + muscovite + microcline. Le plagioclase est de grande taille et automorphe à subautomorphe avec des sections qui hébergent parfois des inclusions myrmékites, de biotite et de muscovite. Leur indice feldspathique reflète celui des syénogranites (IF > 35). La muscovite de ces syénogranites est parfois de grande taille et peut être primaire (Figure 3d) avec un clivage faiblement sinueux.

### Syénogranites-est

Ce sont des roches à structure équante qui affleurent sous forme de dômes. Certaines montrent une texture grenue cataclastique à grains de taille moyenne (Gobroko : SAS 14 ; Figure 2e) et une texture pegmatitique à mégacristaux quartzo-feldspathiques (Gbadjéboué, SAS 15). Ces roches sont de couleur rosâtre à blanchâtre et ont une composition minéralogique à quartz, plagioclase, microcline biotite ± muscovite avec généralement le quartz comme minérale prédominant. Le plagioclase se présente en sections

subautomorphes très craquelées, altérées en séricite et épidotes. Souvent anti-perthitique, le plagioclase coexiste avec les cristaux de microcline en proportion quasi-identique qui cristallisent souvent en grosses lattes subautomorphes limpides (Figure 2f). Dans le faciès à grains moyens, la biotite et la muscovite sont le plus souvent associées et en faible abondance. La biotite se présente en cristaux prismatiques de taille moyenne parfois étirés et altérés en épidotes, alors que la muscovite est de petite taille ou en feuillets très fins autour de la biotite contrairement à celle de la branche ouest de la zone.



**Figure 3 :** Aspects Macroscopiques (a, c et e) et microscopiques en LPA (b, d et f) des leucogranites de Sassandra. Abréviations : plagioclase (Pl) ; quartz (Qtz) ; microcline (Mc) ; biotite (Bt) ; muscovite (Ms) ; épidote (Ep) ; myrmékite (Myr).

Cette disposition montre que la muscovite est un minéral secondaire et se forme par altération de la biotite. Le faciès pegmatitique, en plus d'être pauvre en biotite, ne contient pas de muscovite.

Ces roches ont un indice feldspathique ( $IF = 100 \times Or / (An + Ab)$ ) supérieur à 35 les rapprochant plus des Syénogranites (Figure 4).

### Géochimie des éléments majeurs

Les compositions en élément majeurs des roches étudiées sont retranscrites dans le tableau 1. Elles sont décrites comparativement aux données anciennes (Papon, 1973 ; Figure 1).

Les analyses chimiques montrent que dans l'ensemble, les leucogranites sont riches en  $SiO_2$  (70,2 – 76,7 % wt). Leurs teneurs en alcalins  $Na_2O + K_2O$  (6,12 – 8,7 % wt) sont nettement supérieures à celles en  $CaO$  (0,76 – 2,4 % wt) avec des rapports  $K_2O/Na_2O$  faibles à modérément élevés compris entre 0,33 et 1,63 (tableau 1). Ils sont tous calco-alcalins (Figure 5a). Toutefois, les leuco-monzogranites affichent un caractère faiblement potassique alors que les syénogranites sont fortement potassiques (Figure 5b). La teneur en  $Al_2O_3$  varie de 12,6 à 15,8 % wt avec des rapports molaires  $Al_2O_3 / (CaO + Na_2O + K_2O)$  ( $A/CNK = 1,01 - 1,16$ )  $> 1$ . Ce qui leur vaut une place dans les champs des roches faiblement à fortement peralumineuses dans le diagramme A/CNK en fonction  $SiO_2$  (Figure 5c). Pris isolément, les leuco-monzogranites et les syénogranites-est appartiennent au groupe des granites de type I et les syénogranites-ouest à celui des granites de type S de (Chappell et White, 2001). Individuellement, les syénogranites de l'est possèdent les  $Mg\#$  (5,57 - 10,86) les plus bas pendant que les leuco-monzogranites et les syénogranites ouest ont des  $Mg\#$  (14,57 – 21,40) modérés avec des termes élevés ( $Mg\# = 25,48 - 62,50$ ) dans les granites à deux micas de Papon (1973). Dans le diagramme AFM de (Irvine et Baragar, 1971), l'ensemble des roches « sans distinction » se projettent dans les champs des roches calcoalcalines (Figure 5a) précisément dans les champs des roches moyennement à fortement potassiques (Peccerillo et Taylor, 1976) (Figure 5b).

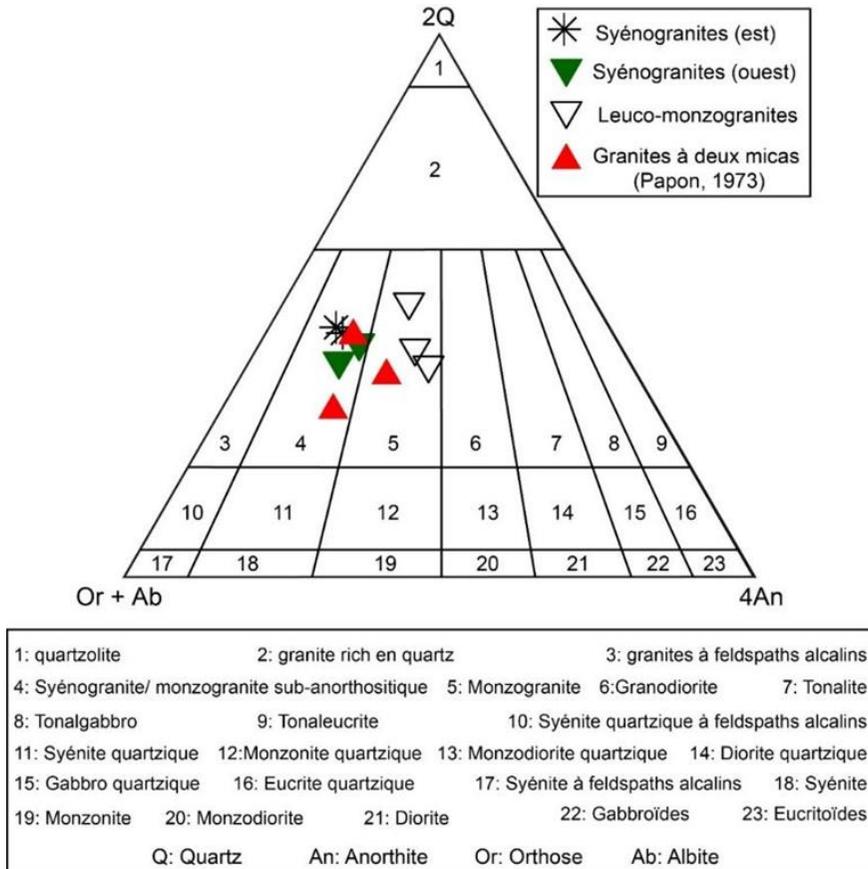
Ces granitoïdes se répartissent dans les champs des roches calciques à celui des roches alcali-calciques du diagramme MALI (Figure 5e) et majoritairement dans celui des roches ferreuses (Figure 4d) dans le diagramme  $(FeOt / (FeOt + MgO))$  en fonction de  $SiO_2$  (Frost *et al.*, 2001 ; Frost et Frost, 2008). Les granites à deux micas de Papon (1973) sont très riches en K avec un rapport  $K_2O/Na_2O$  élevé (1,14 – 2,03  $> 1$ ) et un  $Mg\#$  (25,48 – 62,50). Ils sont identifiés dans le diagramme  $FeOt^* / (FeOt + MgO)$  en fonction de  $SiO_2$  de Frost *et al.*, (2001), (Figure 5d) comme des roches magnésiennes.

Un de ces échantillons (BY/63/3026) est métalumineux avec un A/CNK (0,86)  $< 1$  (Figure 5c) et la teneur en  $SiO_2$  [67,88 % wt] la moins élevée.

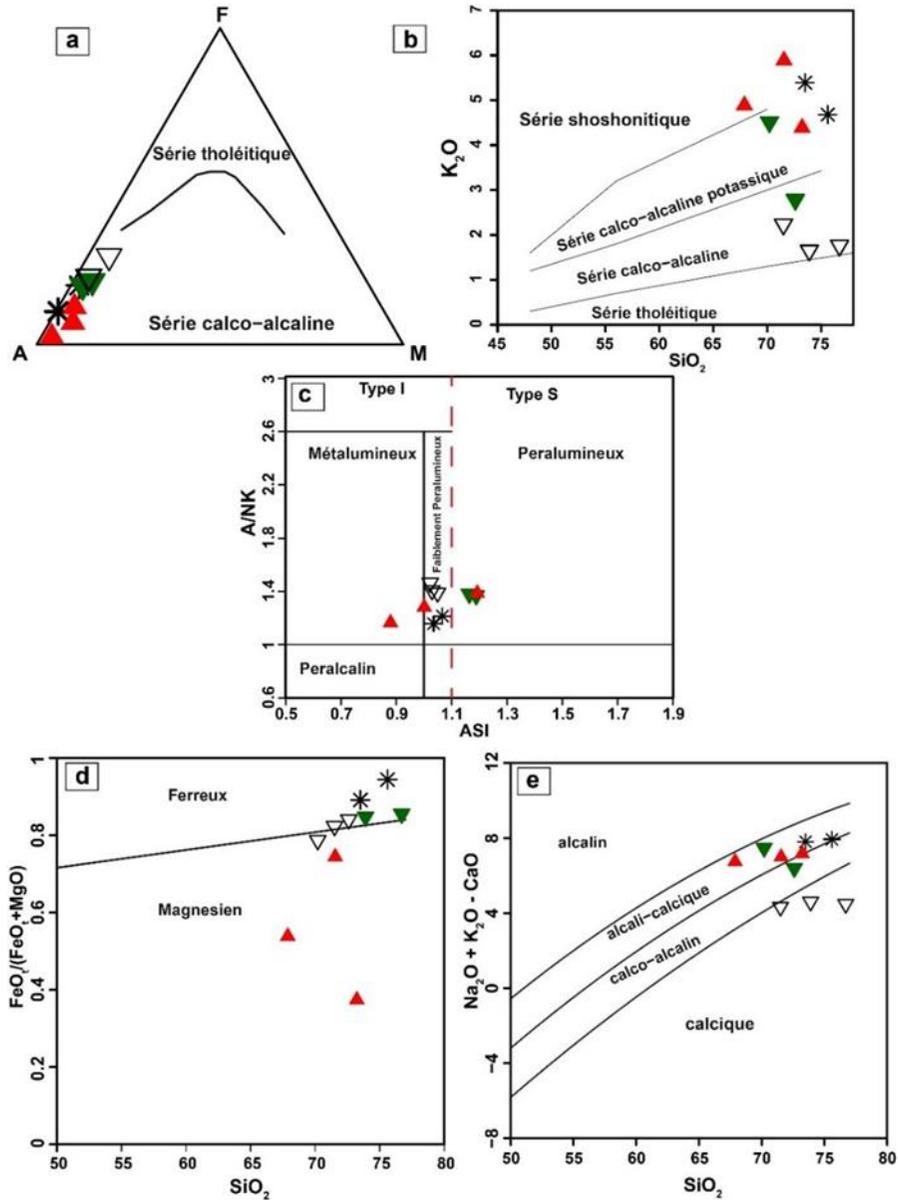
Etant donné que tous les échantillons ont des pourcentages normatifs en quartz > 10% (Tableau 1), ils ont été reportés dans le diagramme An-Ab-Or de O'Connor (1965), (Figure 6a) où deux lignées de granitoïdes se dégagent. En effet, les leuco-monzogranites montrent une lignée trondjémétique alors que tous les syénogranites (y compris les granites à deux micas de Papon, 1973) ont des affinités avec les granites. Dans le diagramme  $Al_2O_3/(FeOt/MgO) - 3*CaO - 5*K_2O/Na_2O$  de Laurent et al., (2014), (Figure 6b) qui permet de remonter à la source des roches granitiques, la plupart des leuco-monzogranites proviennent de la fusion de roches mafiques faiblement potassiques alors que les syénogranites et les granites à deux micas de Papon (1973) se répartissent de part et d'autre, dans le champ des roches issues de la fusion de tonalites et de métasédiments (Figure 6b).

Les diagrammes de type Harker (Figure 7) ont été réalisés pour suivre l'évolution magmatique des leucogranites de la région de Sassandra.

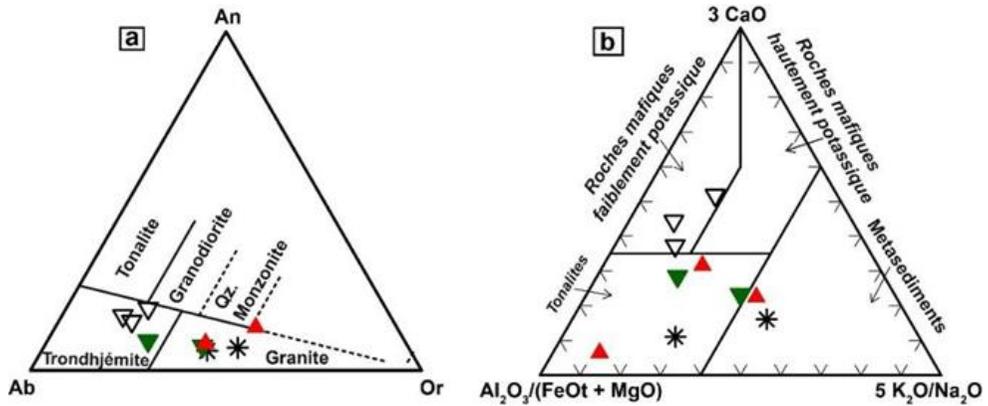
En général, les leucogranites montrent de fortes corrélations linéaires négatives entre  $SiO_2$  et  $CaO$ ,  $FeOt$ ,  $MgO$  et  $Al_2O_3$  (Figure 7d, 7e et 7f). Toutefois à partir de  $Al_2O_3$ , deux tendances se démarquent avec un groupe plus riche en  $Al_2O_3$  constitué par les syénogranites de type S. Le second groupe est moins alumineux et montre une tendance courbe, convexe et négatif (Figure 7c). Il comprend les leuco-monzogranites, des syénogranites de type I et deux granites à deux micas de Papon (1973). Dans les termes de différenciation poussée ( $Na_2O$  et  $K_2O$ ), les leuco-monzogranites se détachent des syénogranites de Type I (Figure 7a et 7b). Ils enregistrent une accumulation en  $Na_2O$  (Figure 7a) et un appauvrissement plus significatif en  $K_2O$  que les syénogranites de type I (Figure 7b).



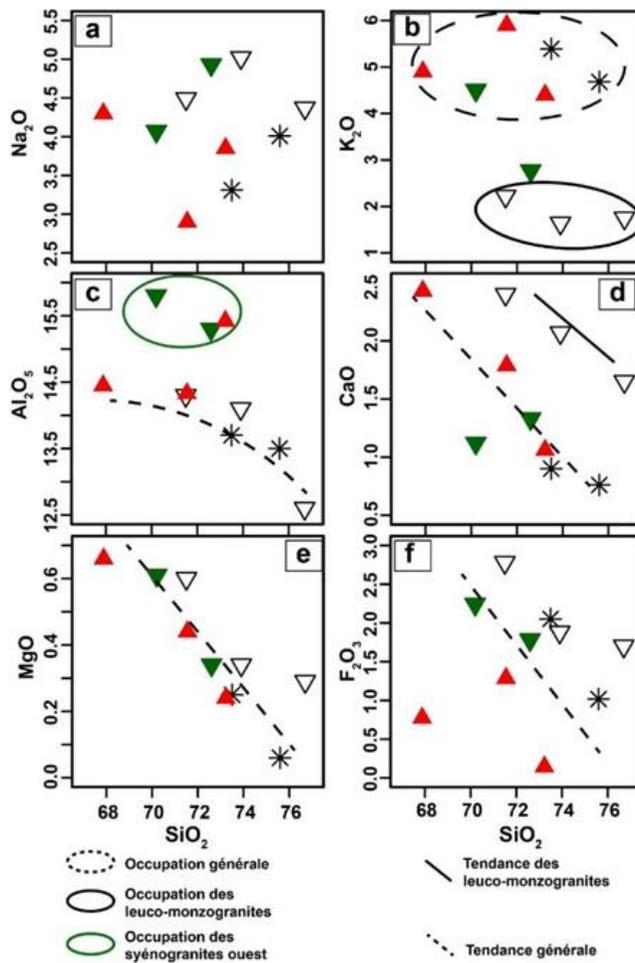
**Figure 4 :** Diagramme 2Q – (Or +Ab) – 4An (Enrique, 2018) des leucogranites de Sassandra



**Figure 5 :** Diagrammes montrant les propriétés géochimiques clés des granitoides leucocrates déterminées à partir des éléments majeurs. a) : AFM (Irvine et Baragar, 1971) ; b) : diagramme  $SiO_2 = f(K_2O)$  (Peccerillo et Taylor, 1976) ; c) : Diagramme  $A/NK = f(ASI)$  (Chappell et White, 2001) modifié selon Shand (1943) ; d) Diagramme  $FeO_t/(FeO_t + MgO)$  et e)  $MALI = f(SiO_2)$  (Frost et al., 2001). (Même légende que la Figure 4).



**Figure 6 :** Diagramme montrant l’affinité magmatiques des leucogranites de Sassandra. (a) : Diagramme normatif An-Ab-Or (O’Connor, 1965); b) :  $Al_2O_3/(FeOt + MgO) - 3*CaO - 5*K_2O/Na_2O$  (Laurent et al., 2014). (Même légende que la Figure 3)



**Figure 7 :** Diagramme Harker appliqué aux leucogranites de Sassandra. (Même légende que la Figure 3)

## Discussion

Les principaux faciès leucogranitiques de la région de Sassandra sont des syénogranites et des leuco-monzogranites au sens de Enrique (2018). Ces lithologies sont toutes deux principalement caractérisées par une composition minéralogique à quartz, plagioclase, microcline, biotite et/ou muscovite.

La différence pétrographique entre ces deux types de granitoïdes se trouve certes au niveau de la proportion minéralogique entre plagioclase et microcline (l'unique feldspath potassique répertorié) mais aussi au niveau de la nature de la muscovite.

En effet le plagioclase est la phase dominante dans leuco-monzogranites alors que celui-ci est en proportion quasi égale avec le microcline dans les syénogranites. Aussi, muscovite se forme soit au dépend de la biotite dans les leuco-monzogranites et les syénogranites-est (type I), alors qu'elle cristallise en sections primaires dans les syénogranites ouest (type S).

En Côte d'Ivoire, les études sur les leucogranites ont montré l'existence de Leuco-monzogranites, de syénogranites, de syénites et de granites alcalins (Papon, 1973 ; (Papon, 1973 ; Morel et Alinat, 1993 ; Dago *et al.*, 2019). Ces roches sont apparemment rependues dans tous les types d'orogènes : orogène brésilien (Brainer *et al.*, 2021) ; l'Himalaya (Le Fort, 1981) ; massif central français (Monier *et al.*, 1984). La mise en place de ces roches est complexe selon les auteurs. Elle a été le plus souvent reliée à des phénomènes deutériques avec formation de minéraux secondaires comme la muscovite et le feldspath potassique. Dans ces conditions, la teneur en eau originelle elle-même en relation avec le niveau de mise en place joue un rôle important (Monier *et al.*, 1984 ; Le Fort, 1981). Elles ont été aussi rattachées tant à des stades compressifs (Brainer *et al.*, 2021) qu'à des étapes d'ouvertures (Ouattara, 1998). Les travaux de Dago *et al.* (2019) sur la typologie des granitoïdes de la région de Daloa au centre-ouest de la Côte d'Ivoire ont également mis en évidence dans cette localité des leuco-monzogranites à caractères métasomatiques. Ces derniers appartiendraient au massif granitique à deux micas de Ferké. Ce massif s'allonge jusqu'à la zone SASCA (Papon, 1973) où il affleure selon Ouattara (1998), au sein des métasédiments et gneiss fortement plissés sous forme de dykes ou d'intrusions ovoïdes dont les contacts avec l'encaissant sont très peu visibles.

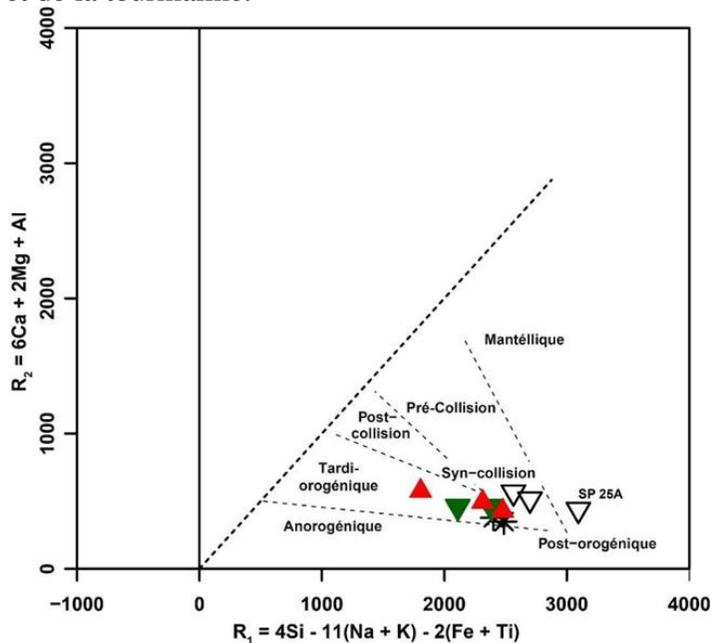
L'analyse géochimique montre que les syénogranites et les granites à deux micas de Papon (1973) sont de nature calco-alcaline fortement potassique à shoshonitique. À l'exception des granites à deux micas de Papon (1973) qui sont magnésiens, les syénogranites sont tous ferriques, alcali-calciques et faiblement peralumineux à fortement peralumineux donc correspondent aux granites de type I et S définis par (Chappell et White, 2001). Ces roches auraient donc une origine double. Les diagrammes de type Harker

(Figure 6) montrent que la production des leucogranites suit deux lignées magmatiques : une lignée fortement peralumineuses et une lignée faiblement peralumineuses. Les granitoïdes de la lignée fortement peralumineuse correspondent aux syénogranites-ouest et ceux de la lignée faiblement peralumineuse regroupent les leuco-monzogranites et syénogranites-est.

Les syénogranites-ouest de types S jouxtent ou intrudent les formations gneissiques et métasédimentaires de Grabo (Tagini, 1971 ; Papon, 1973). Ils correspondent aux granites à deux micas décrits par Ouattara (1998) dans la zone SASCA. On pourrait par conséquent envisager leur origine à partir de ces roches de nature sédimentaire. Les syénogranites à l'est de la zone sont de types I (SAS 14 et SAS 15). Ils prendraient leur origine à partir d'une source ignée ayant subi des remaniements crustaux. Comme indiqué dans les diagrammes de types Harker, ils semblent provenir de la différenciation d'une source faiblement alumineuse. Cette source peut être envisagée au niveau des leuco-monzogranites. Car, ces derniers sont calco-alcalins, faiblement peralumineux donc essentiellement des granites de type I. Ils sont aussi calciques et magnésiens à ferriques ce qui montre qu'ils sont relativement moins oxydés que les syénogranites dans leur ensemble (Frost *et al.*, 2001 ; Frost et Frost, 2008). Ces roches seraient issues de la fusion de roches mafiques faiblement potassiques comme le montre le diagramme  $Al_2O_3/(FeO/MgO) - 3*CaO - 5*K_2O/Na_2O$  de Laurent *et al.* (2014), et les diagrammes de type Harker (Figure 6). Ces Leuco-monzogranites présentent une affinité trondhjémitique d'où leur relative richesse en  $Na_2O$ . Leur contexte de mise en place est complexe car ils se distribuent sur les champs syn-collisionnel et post-orogénique du diagramme R1-R2 de (Batchelor et Bowden, 1985) (Figure 7). Toutefois, il est possible qu'ils soient issus de la différenciation très poussée d'un magma mantellique en contexte crustal.

Il est admis que les magmas issus du manteau peuvent subir une première différenciation pour former les liquides basiques (basaltiques) qui à leur tour peuvent également subir une deuxième différenciation pour former des liquides de type Trondhjémites-Tonalites-Granodiorites (TTG) (Barker *et al.*, 1976 ; Martin, 1987). Si davantage, ces liquides sodiques subissent eux aussi une phase de différenciation, on arriverait de cette façon à appauvrir le liquide en ferromagnésiens (amphibole ; biotite), l'enrichir en Na et créer un magma leucogranitique par différenciation trondhjémitique (Barker *et al.*, 1976). Ce qui en définitive prouverait qu'on serait dans un contexte tectonique où les processus juvéniles de différenciation mantellique sont encore en activité. Quoiqu'il en soit, il est possible que leur magma générateur puissent incorporer une quantité non négligeable de produits crustaux ou subiraient l'action des fluides métasomatiques qui agissent en déstabilisant la biotite dans un contexte fini-orogénique chaud (Moyen *et al.*, 2017).

Les travaux de Brou et al. (2021) dans la région d’Issia (une localité voisine de celle de Daloa au centre-ouest de la Côte d’Ivoire) décrivent trois types de granites à deux micas (G1, G2 et G3). Les granites G1, caractérisés par une prédominance de la biotite sur la muscovite et ont subi une migmatitisation ; les granites G2 se démarquent des précédents par une forte proportion en feldspaths potassiques et les granites G3 par l’abondance de la muscovite et de la tourmaline.



**Figure 8 :** Diagramme R1-R2 (Batchelor et Bowden, 1985) appliqué aux leucogranites de la région de Sassandra. (Même légende que la Figure 3)

Ces auteurs ont suggéré une origine crustale ignée (granodioritique à granitique) pour les granites G1 ; une origine complexe avec des processus de fusion partielle de matériaux crustaux avec une contamination crustale et cristallisation fractionnée pour les granites G2 et une origine purement crustale tardive pour les granites G3 probablement issus de la fusion des métasédiments. L’étude des leucogranites de Sassandra n’a pu mettre en évidence de leucogranites à tourmaline. Toutefois, les syénogranites-ouest peuvent être reliés aux granites G3 même si d’un point de vue pétrographique cette correspondance reste discutable. De même, les leuco-monzogranites pourraient être rattachés aux granites G1 et les syénogranites de type I aux granites G2 de Brou et al. (2021).

Les résultats des analyses U-Pb sur zircon présentés récemment par (Koffi *et al.*, 2022) sur un granite potassique peralumineux en intrusion dans les gneiss migmatitiques de Monogaga dans la zone SASCA ont donné un âge de cristallisation de  $2084 \pm 6$  Ma avec une incertitude sur le métamorphisme

qui a affecté ces gneiss migmatitiques archéens vers  $2076 \pm 5$  Ma. Ce qui prouverait que cette roche se serait mise en place au dépend de la fusion des gneiss et attesterait, selon ces auteurs, de l'existence d'un recyclage métamorphique des roches archéennes au paléoprotérozoïque. Si tel est le cas, les processus de différenciation mantellique qui ont mis en place les leucomonzogranites coexistent avec des processus de recyclage de blocs crustaux.

Ouattara (1998) invoquait pour la mise en place du batholite de Ferké, le jeu de petits blocs fonctionnant à la manière de Chaudron-subsidence sans océanisation à la suite d'une ouverture en pull-appart de bassins par transtension. Ce qui entraîna la fusion de la base de la pile volcano-sédimentaire et des granitoïdes préexistants, jusqu'à la fermeture des bassins par transpression. Des travaux réalisés en Guinée dans la zone de transition archéen-paléoprotérozoïque (Eglinger *et al.*, 2015) ont déterminé, sur des monzogranites potassiques, des âges de formation compris entre 2098 et 2082 Ma et des âges hérités archéens. Les  $\epsilon_{\text{Hf}}$  positifs à négatifs, attestent que le matériel issu du manteau a été enrichi par contamination dans un environnement d'arc volcanique en contraction. Ces auteurs évoquent un processus de subduction-délamination de la lithosphère mantellique subcontinental. Ils montrent une fois de plus que les processus archaïques se feraient en même temps que les processus juvéniles à l'échelle de la dorsale de Man dans les derniers moments de la cratonisation de la dorsale. Selon Moyen *et al.* (2017), la croûte post-orogénique serait un système très chaud permettant une fusion crustale à grande échelle conduisant à la formation de granite à partir principalement de la fusion de croûte préexistante. Dans ces sites, l'activité magmatique serait bimodale (Ferré et Leake, 2001). C'est-à-dire que l'origine des granites serait soit crustale ou proviendrait de magmas mafiques magnésio-potassiques issus d'un manteau contaminé par du matériel crustal probablement introduit lors d'une subduction précédente.

## Conclusion

L'étude du magmatisme leucogranitique renseigne sur les derniers événements paléoprotérozoïques dans le domaine Baoulé-Mossi. Ce magmatisme a été daté entre 2090 et 1850 Ma. Dans la région de Sassandra, ces leucogranites se forment en bordure du massif granodioritique de Sassandra et sont représentées par des Leuco-monzogranites et des syénogranites.

Les leuco-monzogranites sont répertoriés uniquement à l'ouest du massif. Ils sont calco-alcalins faiblement peralumineux donc issus de la fusion de roches ignées (Roches mafiques faiblement potassiques) par différenciation trondhjémitique qui sous-entend qu'ils sont issus de processus juvéniles avec participation crustale non négligeable. Les syénogranites sont de deux types. Les syénogranites de type I situés à l'est de la zone prennent naissance dans la

croûte à partir des granitoïdes préexistant. De nature faiblement peralumineuse, Ils sont affectés par les remaniements crustaux tout comme les premiers tandis que les syénogranites de type S localisés sur la bordure ouest de la zone proviennent de la fusion de métasédiments probablement birimiens (formation de Grabo ?). Leurs caractéristiques témoignent d'une mise en place en période orogénique syn à post collisionnelle. Ce qui attesterait que les leucogranites de la région de Sassandra se mettent en place au cours d'une période compressive dans un environnement où les processus de recyclages crustaux et processus juvéniles opèreraient ensemble.

### **Remerciements**

Ce travail est une partie de la thèse du doctorant Gballou Clovis Blanchard qui a bénéficié du soutien de l'IRD à travers le Laboratoire Mixte International (LMI) MINERWA (pour une Activité Minière Responsable en Afrique de l'Ouest) et d'une Bourse du Ministère de l'Enseignement Supérieur de Côte d'Ivoire. Les auteurs remercient Madame Lenka Baratoux de Géosciences Environnement Toulouse en France (Université de Toulouse 3) pour son soutien dans la réalisation de ce travail. C'est aussi l'endroit pour nous de remercier les reviewers anonymes et Dr. Ibrahim Sarki Laouli pour leur contribution à l'amélioration de cet article. Nous remercions également Mrs. Priscilla Adwoa Maisie et M. Didier Serge Bolet pour leur apport dans la rédaction de l'abstract.

**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. Barker, F., Arth, J. G., Peterman, Z. E. et Friedman, I. (1976). The 1.7- to 1.8-b.y.-old trondhjemitic of southwestern Colorado and northern New Mexico: Geochemistry and depths of genesis. *GSA Bulletin*, 87(2), 189-198. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1976\)87<189:TTBTOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1976)87<189:TTBTOS>2.0.CO;2)
2. Batchelor, R. A. et Bowden, P. (1985). Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, 48(1), 43-55. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(85\)90034-8](https://doi.org/10.1016/0009-2541(85)90034-8)

3. Brainer, C. C. G., Guimarães, I. P., Silva Filho, A. F., Lima, J. V. et Amorim, J. V. A. (2021). Early Ediacaran two-mica granites marking the contractional stage of the Brasiliano Orogeny in the Pernambuco-Alagoas Domain, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 111, 103506. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103506>
4. Brou, K. J., Kouamelan, A. N., Kouassi, B. R. et Coulibaly, Y. (2021). Pétrographie et géochimie des granitoïdes d'Issia (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal, ESJ*, 17(17), 287-305. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p287>
5. Casanova, R. (1973). *Géochimie et minéralogie des granitoïdes éburnéens de Côte d'Ivoire* [These de doctorat, Université de Nice, 327P].
6. Chappell, B. W. et White, A. J. R. (2001). Two contrasting granite types: 25 years later. *Australian Journal of Earth Sciences*, 48(4), 489-499. <https://doi.org/10.1046/j.1440-0952.2001.00882.x>
7. Cross, W., Iddings, J. P., Pirsson, L. V. et Washington, H. S. (1902). A Quantitative Chemico-Mineralogical Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. *The Journal of Geology*, 10(6), 555-690. <https://doi.org/10.1086/621030>
8. Dago, A. G. B., Coulibaly, Y. et Ouattara, Z. (2019). Typologie pétrographique et géochimique des granitoïdes de la région de Daloa au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 15(3), 208-221.
9. Digbeu, W., Kouamelan, A. N., Tshibubudze, A., Siagne, Z. H. et Kouadio, F. J.-L. H. (2022). Geochemistry of Mafic Rocks from the Birimian Basement of Doropo (Northeast of Côte d'Ivoire): Petrogenetic and Geodynamic Implications. *Open Journal of Geology*, 12(6), 504-520. <https://doi.org/10.4236/ojg.2022.126024>
10. Doumbia, S., Pouclet, A., Kouamelan, A., Peucat, J. J., Vidal, M. et Delor, C. (1998). Petrogenesis of juvenile-type Birimian (Paleoproterozoic) granitoids in Central Côte-d'Ivoire, West Africa: geochemistry and geochronology. *Precambrian Research*, 87(1), 33-63. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(97\)00201-5](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(97)00201-5)
11. Eglinger, A., Thébaud, N., Davis, J., Miller, J., Zeh, A., McCuaig, C. et Belousova, E. (2015). High-K to shoshonitic magmatism across the northern Archean Kéména Man margin (Guinea): Implications for the Eburnean orogenic gold mineralizations. Dans *13th SGA Biennial Meeting on Mineral Resources in a Sustainable World* (p. 1591-1594). Association Scientifique pour la Géologie et ses Applications.
12. Enrique, P. (2018). *Clasificación normativa de las rocas plutónicas saturadas y sobresaturadas en sílice basada en la clasificación modal QAP: El diagrama 2Q-(Or+Ab)-4An*, 63, 95-98.

13. Ferré, E. C. et Leake, B. E. (2001). Geodynamic significance of early orogenic high-K crustal and mantle melts: example of the Corsica Batholith. *Lithos*, 59(1), 47-67. [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(01\)00060-3](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(01)00060-3)
14. Frost, B. R., Barnes, C. G., Collins, W. J., Arculus, R. J., Ellis, D. J. et Frost, C. D. (2001). A Geochemical Classification for Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, 42(11), 2033-2048. <https://doi.org/10.1093/petrology/42.11.2033>
15. Frost, B. R. et Frost, C. D. (2008). A Geochemical Classification for Feldspathic Igneous Rocks. *Journal of Petrology*, 49(11), 1955-1969. <https://doi.org/10.1093/petrology/egn054>
16. Hirdes, W., Davis, D. W., Lütke, G. et Konan, G. (1996). Two generations of Birimian (Paleoproterozoic) volcanic belts in northeastern Côte d'Ivoire (West Africa): consequences for the 'Birimian controversy'. *Precambrian Research*, 80(3), 173-191. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(96\)00011-3](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(96)00011-3)
17. Ilboudo, H., Sawadogo, S., Naba, S., Traore, A. S. et Lompo, M. (2013). Structure et mode de mise en place du pluton granitique de Tiébélé (Burkina Faso) et son implication dans la concentration des anomalies en métaux de base (Zn-Pb-Cu) et en or (Au). *Burkina Faso, Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Terre*(35), 63-75.
18. Irvine, T. N. et Baragar, W. R. A. (1971). A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8(5), 523-548. <https://doi.org/10.1139/e71-055>
19. Janoušek, V., Farrow, C. M. et Erban, V. (2006). Interpretation of Whole-rock Geochemical Data in Igneous Geochemistry: Introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology*, 47(6), 1255-1259. <https://doi.org/10.1093/petrology/egl013>
20. Koffi, A. Y., Thébaud, N., Kouamelan, A. N., Baratoux, L., Bruguier, O., Vanderhaeghe, O., Pitra, P., Kemp, A. I. S. et Evans, N. J. (2022). Archean to Paleoproterozoic crustal evolution in the Sassandra-Cavally domain (Côte d'Ivoire, West Africa): Insights from Hf and U-Pb zircon analyses. *Precambrian Research*, 382, 1-23. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2022.106875>
21. Kone, M., Caen-Vachette, M. et Tempier, P. (1988). Age eburnéen du leucogranite de Morifingso intrusif dans les mylonites de la faille de Sassandra (Côte d'Ivoire). *Journal of African Earth Sciences (and the Middle East)*, 7(5), 783-787. [https://doi.org/10.1016/0899-5362\(88\)90020-6](https://doi.org/10.1016/0899-5362(88)90020-6)
22. Kouamelan, A. N., Delor, C. et Peucat, J.-J. (1997). Geochronological evidence for reworking of Archean terrains during the Early

- Proterozoic (2.1 Ga) in the western Côte d'Ivoire (Man Rise-West African Craton). *Precambrian Research*, 86(3), 177-199. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(97\)00043-0](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(97)00043-0)
23. Kouamelan, A.-N. (1996). *Géochronologie et Géochimie des Formations Archéennes et Protérozoïques de la Dorsale de Man en Côte d'Ivoire. Implications pour la Transition Archéen-Protérozoïque* [Thèse de doctorat, Université Rennes 1; 313p].
  24. Kouassi, B. R., Kouamelan, A. N. et Djro, S. C. (2018). Pétrographie et minéralogie des intrusions alcalines du domaine SASCA (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, Craton Ouest Africain), comparaison avec d'autres plutons alcalins. *IJESI*, 7(12), 26-37.
  25. Laurent, O., Martin, H., Moyen, J. F. et Doucelance, R. (2014). The diversity and evolution of late-Archean granitoids: Evidence for the onset of "modern-style" plate tectonics between 3.0 and 2.5Ga. *Lithos*, 205, 208-235. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2014.06.012>
  26. Le Fort, P. (1981). Manaslu leucogranite: A collision signature of the Himalaya: A model for its genesis and emplacement. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 86(B11), 10545-10568. <https://doi.org/10.1029/JB086iB11p10545>
  27. Milési, J.-P., Feybesse, J.-L., Pinna, P., Deschamps, Y., Kampunzu, H. A. B., Muhonogo, S., Lescuyer, J.-L. et Toteu, S. F. (2004). Géologie et principaux gisements de l'Afrique, échelle 1/1,000,000. 20th Congress on African Geology, Orléans, BRGM Ed.
  28. Monier, G., Mergoïl-Daniel, J. et Labernadière, H. (1984). Générations successives de muscovites et feldspaths potassiques dans les leucogranites du massif de Millevaches (Massif Central français). *Bulletin de Minéralogie*, 107(1), 55-68. <https://doi.org/10.3406/bulmi.1984.7793>
  29. Morel, B. et Alinat, M. (1993). Géologie, pétrologie et géochimie des syénites de Ninakri : comparaison avec d'autres massifs syénitiques anorogéniques de Côte d'Ivoire et d'Afrique de l'Ouest. *Journal of African Earth Sciences (and the Middle East)*, 17(2), 213-223. [https://doi.org/10.1016/0899-5362\(93\)90037-Q](https://doi.org/10.1016/0899-5362(93)90037-Q)
  30. Moyen, J.-F., Laurent, O., Chelle-Michou, C., Couzinié, S., Vanderhaeghe, O., Zeh, A., Villaros, A. et Gardien, V. (2017). Collision vs. subduction-related magmatism: Two contrasting ways of granite formation and implications for crustal growth. *Lithos*, 277, 154-177. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.09.018>
  31. Naba, S., Lompo, M., Debat, P., Bouchez, J. L. et Béziat, D. (2004). Structure and emplacement model for late-orogenic Paleoproterozoic granitoids: the Tenkodogo–Yamba elongate pluton (Eastern Burkina

- Faso). *Journal of African Earth Sciences*, 38(1), 41-57.  
<https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2003.09.004>
32. O'Connor, J. T. (1965). Classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. *Geological survey research professional paper*, 525(2), 79-84.
33. Ouattara, G. (1998). *Structure du Batholite de Ferkéssédougou (secteur de Zuénoula, Côte d'Ivoire). Implications dans l'interprétation de la géodynamique du paléoprotérozoïque d'Afrique de l'ouest à 2,1 Ga*. [These de doctorat, Univ. Orléans, France, 291P].
34. Papon, A. (1973). *Géologie et Minéralisations du sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Synthèse des travaux de l'opération SASCA. Mémoire du BRGM, n°80, Paris, 284P*.
35. Peccerillo, A. et Taylor, S. R. (1976). Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58(1), 63-81.  
<https://doi.org/10.1007/BF00384745>
36. Pupin, J. P. (1988). Granites as indicators in paleogeodynamics. *Rendiconti della Societa Italiana di Mineralogia e Petrologia*, 43(2), 237-262.
37. Shand, S. J. (1943). Eruptive rocks. Their genesis, composition, classification, and their relations to ore-deposits. *T. Murby and Company London, 2nd édition, 444P*.
38. Skursch, O., Tegner, C., Leshner, C. E. et Cawthorn, R. G. (2020). Two expressions of the transition from mafic cumulates to granitoids in the Bushveld Complex, South Africa: Examples from the western and eastern limbs. *Lithos*, 372-373, 105671.  
<https://doi.org/10.1016/j.lithos.2020.105671>
39. Tagini, B. (1971). *Esquisse structurale de la Côte d'Ivoire: essai de géotectonique régionale, Thèse de doctorat ès sciences Fac. Sci. Univ. Lausanne. Rapp. SODEMI., Abidjan. 320p*. [Thèse de doctorat, Université de Lausanne, Suisse, 302 P].
40. Tagini, B. (1972). *Carte géologique de Côte d'Ivoire a 1/2 000 000*. SODEMI.
41. Thiéblemont, D., Liégeois, J. P., Fernandez-Alonso, M., Ouabadi, A., Le Gall, B., Maury, R., Jalludin, M., Vidal, M., Ouattara Gbélé, C. et Tchaméni, R. (2016a). Geological map of Africa at 1: 10 M scale. *Geological Map. CGMW-BRGM*.  
<https://scholar.google.com/scholar?cluster=42879440014359053&hl=en&oi=scholar>
42. Thiéblemont, D., Liégeois, J.-P., Fernandez-Alonzo, M., Ouabadi, A., Le Gall, B., Maury, R. C., Jalludin, Vidal, M., Ouattara, G., Tchameni,

- R., Michard, A., Nehlig, P., Rossi, P. et Chêne, F. (2016b). An updated geological map of Africa at 1/10,000,000 scale. 35th IGC, Captown.
43. Toure, S., Pupin, J.-P. et Yobou, R. (2009). Nouvelles Caractérisations pétrologiques et géochronologiques du granite sub-alkalin potassiques d'Ayamé, Sud-est de la Côte d'Ivoire. *Rev. Ivoir. Sci. Technol., Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 13, 115-137.
44. Traore, A. S., Ilboudo, H., Yameogo, A. O. et Sawadogo, S. (2023). *Caractérisation des processus orogéniques tardi-éburnéen par les mécanismes de mise en place des plutons alcalins de Wayen et de Déou*, 22.
45. Yobou, R. (1993). *Pétrologie des granitoïdes du protérozoïque inférieur du centre-nord de la cote d'ivoire (ferkessedougou-marabadiassa) : évolution magmatique et contexte géodynamique* [Thèse de doctorat, Université Paris sud, Centre d'Orsay, France, 309 P]. <https://www.theses.fr/1993PA112276>

## **Activités anthropiques, sources de pollutions chimiques des rivières Sô et Djonou tributaires du lac Nokoué**

*Wilfrid Noudéhouénou Atchichoe, PhD Student*  
*Flavien Edia Dovonou, PhD, Maître de conférence*  
*Firmin Adadedji, PhD*

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) à l'Institut National de l'Eau de  
l'Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

*Dansou Sourou Barthélémy, PhD Student*

Ecole Doctorale Pluridisciplinaire Espaces, Cultures et Développement

*Firmin Eninhou, Master*

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) à l'Institut National de l'Eau de  
l'Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p274](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p274)

Submitted: 15 March 2024

Accepted: 28 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Atchichoe W.N., Dovonou F.E., Adadedji F., Barthélémy D.S. & Eninhou F. (2024). *Activités anthropiques, sources de pollutions chimiques des rivières Sô et Djonou tributaires du lac Nokoué*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 274.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p274>

### **Résumé**

Les activités anthropiques constituent les principales sources de pollution des hydrosystèmes. La présente étude a pour objectif d'inventorier les différentes pressions qui s'exercent sur les tributaires (Sô et Djonou) du lac Nokoué. Ainsi, les études antérieures sur la qualité de ces rivières sont mises à contribution et sont complétées par une enquête d'observation. La formule de Schwarz (Kresic, 2007) et les données du RGPH4 ont permis de soumettre 255 ménages vivant dans les périmètres immédiats et rapprochés des deux rivières (Sô et Djonou) à un questionnaire d'enquête. Onze arrondissements à savoir sept dans la commune de Sô-Ava et quatre dans la commune d'Abomey-Calavi abritant les deux rivières sont parcourus et une moyenne de vingt-quatre (24) ménages par arrondissement sont soumis au questionnaire. Le dépouillement des données s'est accentué autour des thématiques telles que : Présence ou non d'un système d'assainissement, mode de gestion des

déchets, diverses activités susceptibles de polluer les rivières, Cas fréquents de maladies et le traitement informatique est fait via un tableur Excel. Le lac Nokoué et ses affluents sont soumis à des pollutions chimiques, bactériologiques et organiques ayant majoritairement pour source les activités anthropiques (Études antérieures); 64% des ménages ne disposent pas d'un système d'assainissement et pratiquent la défécation à l'air libre ; 72% des ménages font une mauvaise gestion des déchets ; 20% des ménages utilisent de l'engrais NPK dans l'agriculture et le maraîchage; 69% des ménages abreuvent le cheptel directement à la rivière; 3% des ménages font le commerce de carburants avec des risques de déversement de ces produits pétroliers dans les rivières occasionnant de forte pollution chimique ; 14,41% des ménages utilisent des branchages d'acadjá et des produits (1,80% des ménages) comme moyen de pêche ; 80,7% des ménages souffrent de façon récurrente du paludisme, diarrhée chronique et des infections cutanées. Des sensibilisations continues et l'appui des décideurs sont sollicités pour construire davantage les ouvrages d'assainissement et bien gérer les déchets afin de réduire les divers cas de maladies.

---

**Mots-clés:** Pollution, activités anthropiques, assainissement, déchets, maladies

---

## **Anthropogenic activities, sources of chemical pollution of the Sô and Djonou rivers tributaries of Lake Nokoué**

*Wilfrid Noudéhouénu Atchichoe, PhD Student*

*Flavien Edia Dovonou, PhD, Maître de conférence*

*Firmin Adandedji, PhD*

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) à l'Institut National de l'Eau de l'Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

*Dansou Sourou Barthélémy, PhD Student*

Ecole Doctorale Pluridisciplinaire Espaces, Cultures et Développement

*Firmin Eninhou, Master*

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) à l'Institut National de l'Eau de l'Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

---

### **Abstract**

Anthropogenic activities are the main sources of pollution of hydrosystems. The objective of this study is to inventory the different pressures exerted on the tributaries (Sô and Djonou) of Lake Nokoué. Thus, previous studies on the quality of these rivers are drawn on and are supplemented by an observation survey. The Schwarz formula (Kresic, 2007)

and RGP4 data made it possible to submit 255 households living in the immediate and close perimeters of the two rivers (Sô and Djonou) to a survey questionnaire. Eleven districts, namely seven in the commune of Sô-Ava and four in the commune of Abomey-Calavi sheltering the two rivers, are covered and an average of twenty-four (24) households per district are submitted to the questionnaire. Data processing was intensified around themes such as the presence or absence of a sanitation system, waste management method, various activities likely to pollute rivers, Frequent cases of illness, and computer processing done via an Excel spreadsheet. Lake Nokoué and its tributaries are subject to chemical, bacteriological and organic pollution, mainly due to anthropogenic activities (Previous studies); 64% of households do not have a sanitation system and practice open defecation; 72% of households mismanage waste; 20% of households use NPK fertilizer in agriculture and market gardening; 69% of households water their livestock directly from the river; 3% of households trade in fuel with the risk of these petroleum products being spilled into rivers, causing heavy chemical pollution; 14.41% of households use acadja branches and products (1.80% of households) as a means of fishing; 80.7% of households suffer recurrently from malaria, chronic diarrhea and skin infections. Continuous awareness raising and support from decision-makers are requested to further build sanitation works and properly manage waste in order to reduce various cases of diseases.

---

**Keywords:** Pollution, human activities, sanitation, waste, diseases

## Introduction

Le lac Nokoué est bordé par la ville de Cotonou, capitale économique du Bénin, avec une population de 679012 habitants et une croissance démographique annuelle de 0,18% (INSAE 2016 ) ; il est considéré comme lagune la plus productive de l'Afrique de l'Ouest. (Lalèyè *et al.* 2003) . Les rejets domestiques sont directement déversés dans le lac et il y reçoit un volume d'eaux usées par an, soit 217 tonnes de DBO5 (Direction des pêches, 2004). Il existe d'autres sources de menaces notamment les effluents, industriels et agricoles, les pesticides et la pêche mais aussi à une forte intrusion saline (MAMA, 2010).

Les principaux tributaires du lac Nokoué sont les fleuves Ouémé, Sô et la lagune de Djonou. Ainsi, l'eau de la rivière Sô est fortement polluée des points de vue chimique, organique et bactériologique avec des risques élevés de contamination fécale qui pourraient conduire à l'intoxication des populations consommatrices des ressources halieutiques ; ces dernières sont exposées également au risque d'asphyxie (Sérîki, 2018).

Au niveau de la commune de Sô-Ava, la pollution du lac Nokoué et de la rivière Sô est due essentiellement à la défécation dans la nature par les populations, à la prolifération des ordures ménagères et autres déchets, à l'encombrement du lac par les acadjas, la divagation des animaux et l'invasion du lac par les jacinthes d'eau (SGP's , 2021). Aussi, Sous le pont qui relie Godomey et Abomey Calavi, l'insalubrité gagne du terrain et menace l'existence de la rivière Djonou. Au quotidien, les déchets ménagers y sont jetés, polluant ainsi l'atmosphère et le lac Nokoué (journal fraternité, octobre 2016).

Les excréments rejetés dans le lac Nokoué constituent la plus importante source de pollution bactériologique et les dépôts de branchages d'acadjas sont la principale source de pollution organique (*Kouchade ,2002*). L'impact du trafic des produits pétroliers sur le lac Nokoué et la lagune de Cotonou a engendré une très forte pollution chimique occasionnée par le déversement des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le lac (*Tossou, 2000*). Les métaux lourds (plomb, cuivre et zinc) au niveau de la zone urbaine du lac Nokoué et du chenal de Cotonou ont un impact négatif sur les huîtres (*Senouvo, 2002*). L'état des lieux des plans d'eau du Sud Bénin (*Roche internationale, 2000*) a révélé dans le lac Nokoué, la présence de polluants chimiques, microbiologiques et des matières organiques. Le système qualité de la pollution du lac Nokoué est pollué par des agents chimiques et bactériologiques.

Ainsi, plusieurs recherches se sont intéressées à la pollution du lac Nokoué et de ses tributaires mais très peu ont étudié la source de pollution des rivières Sô et Djonou tributaires du lac Nokoué. C'est ce qui justifie le choix de notre sujet de recherche intitulé : **Les activités anthropiques, sources de pollutions chimiques des rivières Sô et Djonou tributaires du lac Nokoué**, dont l'objectif général est d'inventorier les différentes pressions qui s'exercent sur les tributaires (Sô et Djonou) du lac Nokoué.

### **Situation géographique des rivières Sô et Djonou**

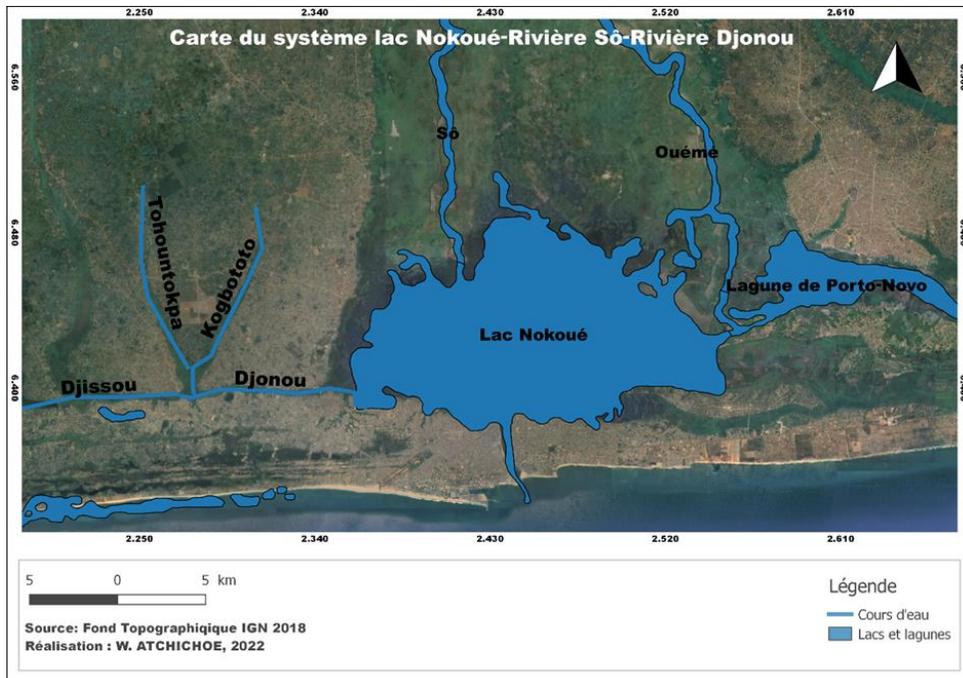
La commune de Sô-Ava est comprise entre 6°24' et 6°38' latitudes Nord et entre 2° 27' et 2°30' longitude Est (Bénin Topo-foncier, 2006). Elle est située dans les départements de l'Atlantique et du Littoral et occupe la basse vallée du fleuve Ouémé (Bénin Topo-foncier, 2006). Elle se caractérise par sa richesse en plans d'eau (65% du territoire) d'où son appellation de commune lacustre et couvre une superficie de 218 km<sup>2</sup> avec une population estimée en 2006 à quatre-vingt-dix mille soixante-dix habitants (90.0070) (Bénin Topo-foncier, 2006). Elle est limitée au Nord par la commune de Zè et d'Adjohoun, au Sud par la commune de Cotonou, à l'Est par les communes lacustres des Aguégus, de Dangbo et à l'Ouest par la commune d'Abomey-Calavi (Bénin Topo-foncier, 2006). Elle est subdivisée en 42 villages répartis

sur sept (07) arrondissements. Il s'agit des arrondissements de Sô-Ava, Veky, Houédo-Aguékou, Dékanmè, Ganvié I, Ganvié II et Ahomey-Lokpo (Bénin Topo-foncier, 2006). La rivière Sô prend sa source dans le lac Hlan et est reliée au fleuve Ouémé par des marigots (Figure 1). Cette rivière est l'un des anciens bras du fleuve Ouémé, qui entre temps s'en est détaché, et qui déverse ses eaux au Nord-Ouest du lac Nokoué au niveau de la cité lacustre de Ganvié (Lalèyè, 1995). La rivière Sô est reliée à l'Ouémé par des marigots. Les débits les plus importants sont observés pendant les crues. Au moment de ces crues, elle inonde les terres et améliore le rendement des trous à poissons et des « acadjas ». La rivière Sô possède plusieurs bras, tous navigables pendant la période de crue. Il s'agit des bras d'Akassato, de Gbéssou et de celui de Zoungomey. Au nord, dans la localité de Kinto, la rivière Sô bifurque en deux bras formant un Y. Le bras de la droite conduit à la localité d'Adjohoun; celui de la gauche mène à Kpomè dans la localité de Sèhouè.

Le réseau hydrographique de la Commune d'Abomey-Calavi est constitué essentiellement de deux plans d'eau que sont le lac Nokoué et la lagune côtière Djonou. La commune se retrouve sur deux bassins versants. Plus de la moitié de la commune (307 km<sup>2</sup>) est drainée vers l'océan Atlantique et le reste (224 km<sup>2</sup>) s'écoule vers le lac Nokoué. Par ailleurs, la commune dispose d'une façade maritime juxtaposée à la lagune côtière, des marais, des ruisseaux et des marécages.

Sur le plan hydrologique, l'Océan Atlantique, le lac Nokoué, les lagunes Djonou et Todouba et les dépressions à hydromorphie temporaire ou permanente constituent les importants plans d'eau qui influencent les activités humaines dans la commune d'Abomey -Calavi. Les principaux tributaires du lac Nokoué, sont les fleuves Ouémé, Sô et la lagune Djonou. Le lac communique avec la lagune de Porto-Novo à l'est par canal de Totché. Les rivières Todouba, Dati et Ahouangan sont à leurs tours tributaires de la lagune Djonou. (ACDT, 2019)

La rivière Djonou est comprise entre 6°22'31'' Nord et 2°19'40''Est. Elle prend sa source dans les arrondissements de Hevié, de Ouédo et de togba et longe l'arrondissement de Godomey dans la commune d'Abomey Calavi localisée dans le département de l'Atlantique du Sud Bénin avant de se jeter dans le lac Nokoué. Tout au long de cette rivière, beaucoup d'activités se développent.



**Figure 1:** Carte du système lac Nokoué-Rivière Sô-Rivière Djonou

## Méthodologie

### 1-1 Matériel de terrain

Sur le terrain, le matériel est constitué de :

- Un GPS pour la prise de coordonnées géographiques
- Barque motorisée pour le déplacement dans les ménages lacustres
- Moto pour le déplacement dans les ménages vivants sur terre ferme dans le périmètre immédiat des deux rivières
- Un appareil photographique numérique: pour la prise de vues
- Le questionnaire "ménage" : administré aux chefs de ménages et leurs conjointes, le questionnaire "ménage" aborde tous les axes de recherche en recueillant l'opinion et les comportements des ménages sur les activités susceptibles de polluer les rivières.

### 1-2 Recherche documentaire

La recherche documentaire s'intéressera aux mémoires, aux thèses, aux articles, aux rapports et autres documents scientifiques qui ont abordé la problématique de la pollution anthropique des cours d'eau. Elle est faite dans les centres de documentation et bibliothèques de l'UAC, de la Société Nationale des Eaux du Bénin, de la Direction Générale de l'Eau, de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi ainsi que sur des moteurs de recherche courants. Cette recherche permettra de faire une synthèse des recherches

antérieures sur la question de recherche afin de mieux orienter la collecte et le traitement des données.

### **1-3 Méthode pour inventorier les différentes pressions qui s'exercent sur les tributaires du lac Nokoué :**

#### ***1-3.1 Taille d'échantillon et méthode d'échantillonnage***

Il s'agit de faire un inventaire des différentes pressions qui s'exercent les rivières Sô et Djonou. Ainsi, les études antérieures (si elles existent) sur la qualité de ces rivières seront mises à contribution et seront complétées par une enquête d'observation selon une démarche scientifique qui permettra d'avoir une connaissance large des différentes pressions qui s'exercent sur les deux rivières. Les diverses activités (en amont et sur les rivières) seront recensées et connues et celles susceptibles de polluer ces deux rivières seront également connues. La taille de l'échantillon ainsi que la taille minimale à enquêter sont données par la formule de Schwarz (Kresic, 2007)

$$N = t^2 \times p (1-p)/m^2$$

N : taille minimale de l'échantillon

t : niveau de confiance à 95% (valeur type de 1,96)

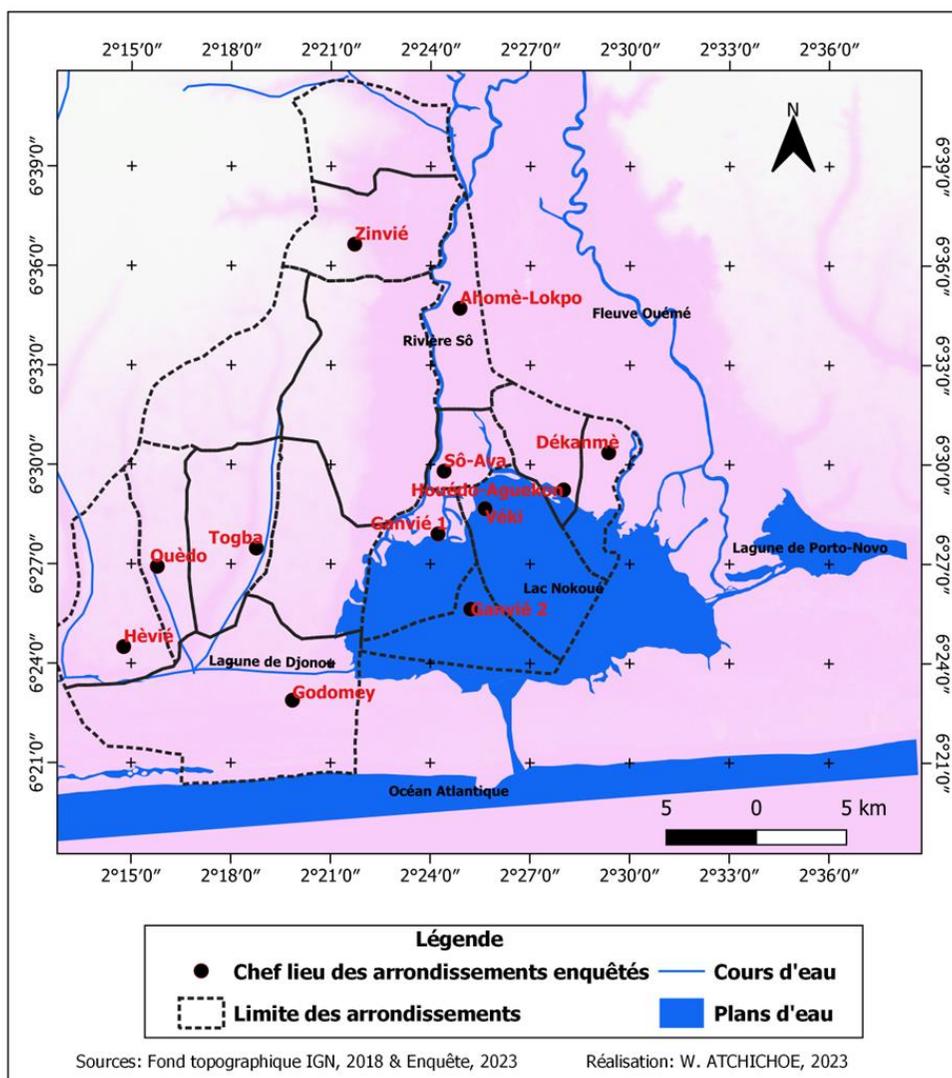
P : proportion des ménages vivant dans les périmètres immédiats et rapprochés des rivières

m : marge d'erreur à 5 % (valeur type de 0,05)

en considérant les chiffres du RGPH4, il s'en suit que  $p = 88\%$  (rivière Sô)  $p = 69,5\%$  (rivière Djonou, donc on retient une proportion moyenne  $p = 78,75\%$  dans le cadre de notre étude

**N= 255 ménages**

La collecte des données est effectuée à l'aide d'un questionnaire structuré testé avec succès, au préalable, auprès des habitants situés à proximité des rivières Sô et Djonou selon une démarche scientifique qui permet d'avoir une connaissance large des différentes pressions qui s'exercent sur les deux rivières. La méthode d'action consiste à faire un interrogatoire oral au chef de ménages rencontrés. L'observation directe de l'enquêteur est beaucoup mise à contribution pour effectuer des constats in situ. Onze arrondissements (Figure 2) à savoir sept ( Sô-Ava, Veky, houédo aguékou, dékanmè, ganvié 1 , ganvié 2 et Ahomey Lokpo) dans la commune de Sô-Ava et quatre (Godomey, Togba, ouédo et Hêvié) dans la commune d'Abomey-Calavi abritant les deux rivières sont parcourus et une moyenne de vingt-quatre (24) ménages par arrondissement sont soumis au questionnaire. Les diverses activités (en amont et sur les rivières) sont recensées et celles susceptibles de polluer ces deux rivières sont également identifiées.



**Figure 2 :** Carte de la Zone d'enquête

### **1-3. 2 Traitement des données**

Un dépouillement des fiches d'enquêtes a été fait manuellement. Les résultats issus du dépouillement constituent la base de données exploitée complétée quantitativement et qualitativement par les données statistiques recueillies au niveau des institutions spécialisées (INSAE, 2016) et sur le terrain.

#### **1-3.3 Traitement manuel des données qualitatives**

Le dépouillement des données s'est accentué autour des thématiques suivantes:

- Identification du chef ménage (Homme ou femme)
- Présence ou non d'un système d'assainissement

- Mode de gestion des déchets
- Diverses activités susceptibles de polluer les rivières
- Cas fréquents de maladie

Ensuite, les données ont été recensées par thématique, ce qui a permis d'avoir une vue globale pour l'analyse et le commentaire de ces thématiques.

#### **1-3.4 Traitement informatique des données**

Une fois la collecte des données achevée par thématique, à l'aide du tableur excel, elles ont été saisies. La base de données ainsi obtenue est présentée sous forme de tableaux pertinents à l'atteinte des objectifs de l'enquête. Ces procédés de traitement et d'analyse des données ont généré des indicateurs qui ont servi de base à l'interprétation des résultats. Les diagrammes ont été réalisés avec le logiciel Microsoft Excel.

## **2- RESULTATS**

### **2-1 Etat des lieux de la pollution du lac Nokoué et ses affluents**

Les études antérieures ont permis de constater que le lac Nokoué et ses affluents sont soumis à divers types de pollution comme l'indique le tableau 1 ci-dessous.

**Tableau 1 :** Etat des lieux de la pollution du lac Nokoué et ses affluents

Lac Nokoué et Affluents	Etat des lieux de la pollution
Lac Nokoué et lagune de Cotonou	pollution chimique occasionnée par le déversement des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le lac (Tossou, 2000).
Lac Nokoué (Ganvié)	les déjections animales et humaines constituent les principales sources de pollution (Folal, 2001)
Lac Nokoué	pollution bactériologique (excrétas) et pollution organique (Kouchade, 2002).
Lac Nokoué	pollution par des agents chimiques et bactériologiques (Todjinou, 2004).
Lac Nokoué	Pollution par les métaux (plomb, aluminium et cadmium) (Agonkpahoun, 2006)
Lac Nokoué	les ions ammonium, nitrate et phosphate en concentration très élevées dans la zone méridionale du lac (Dovonou 2010)
Rivière Sô	Elle est fortement anthropisée, avec des eaux de très mauvaise qualité consécutive aux apports excessifs en matières organiques d'origines diverses (Koudénoukpo, 2017).
Rivière Sô	pollution organique liée à l'usage abusif des engrais chimiques ainsi qu'à l'élevage des porcs et bœufs (Koudénoukpo et al, 2017).

## 2-2 inventaire des différentes pressions qui s'exercent sur les tributaries (rivières Sô et Djonou) du lac Nokoué

### 2-2.1 Identification du sexe du chef ménage et de son groupe socio-professionnel

La répartition de chefs ménages selon le sexe et la proportion des divers groupes socio-professionnels des ménages enquêtés sont respectivement représentées sur les figures 3 et 4 ci-dessous

### 2-2.2 Existence ou non d'un système d'assainissement adéquat

Les figures 5, 6 , 7, présentent les résultats de notre enquête sur l'existence ou non d'un système d'assainissement dans les ménages. Il en résulte que 64% (Figure 5) ne disposent pas d'un système d'assainissement adéquat et défèquent majoritairement (figure 7) au bord des cours d'eau (BDC) et directement dans le Cour d'Eau (DCE). 36% des ménages (Figure 5) disposent d'un système d'assainissement adéquat et on note majoritairement dans ces ménages la présence des WC, des fosses septiques et des puisards (figure 6).

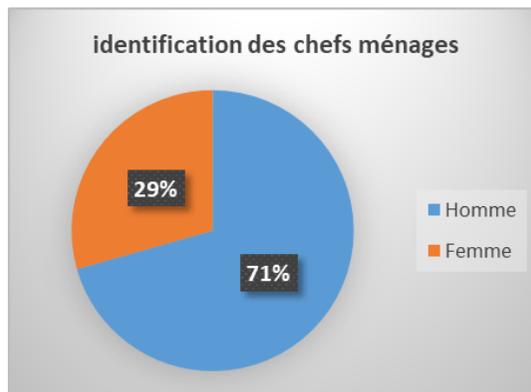


Figure 3: Répartition des chefs ménages selon le sexe

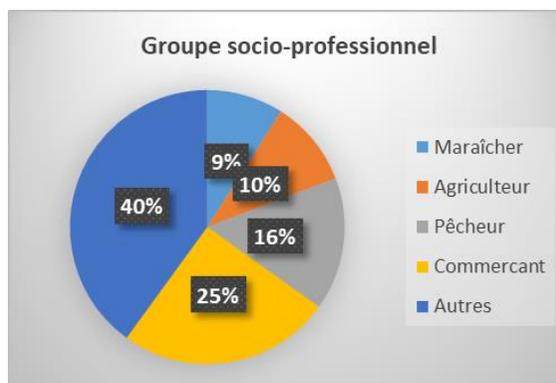
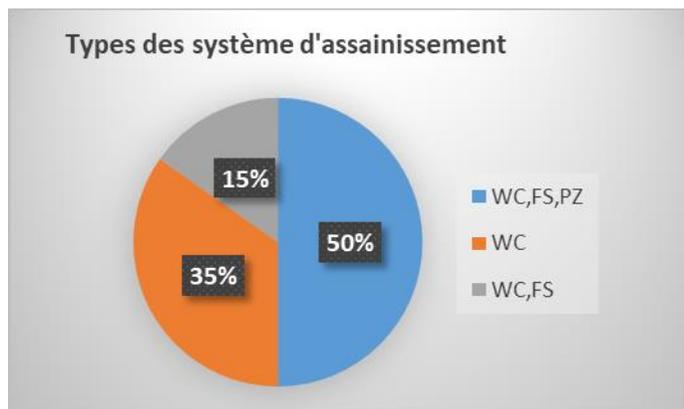


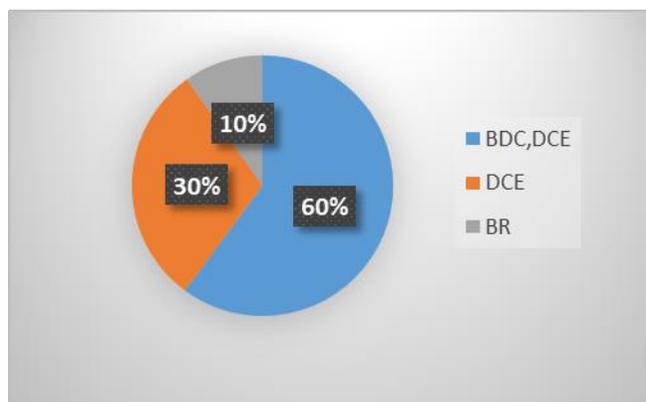
Figure 4: Proportion des divers groupes socio-professionnels des ménages enquêtés



**Figure 5:** Proportion des ménages disposant ou non d'un système d'assainissement adéquat



**Figure 6:** Répartition des ménages disposant d'un système par catégorie de système d'assainissement



**Figure 7:** Répartition des ménages ne disposant pas d'un système d'assainissement par lieu de défécation



Figure 8: Proportion des ménages abonnés ou non à une société de gestion des déchets

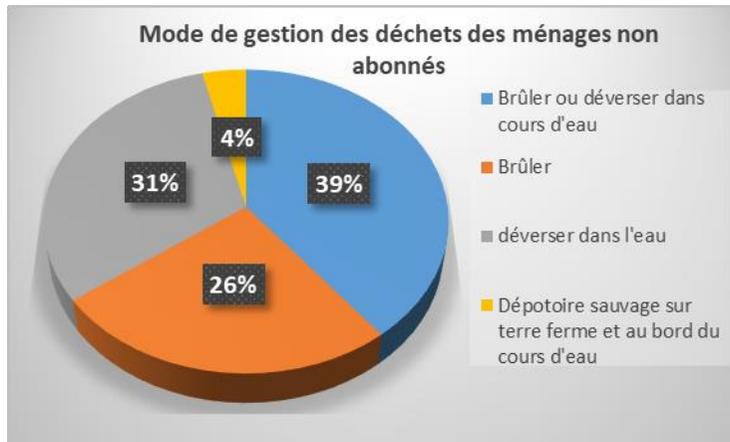


Figure 9: Mode de gestion des déchets des ménages non abonnés à une société de gestion des déchets

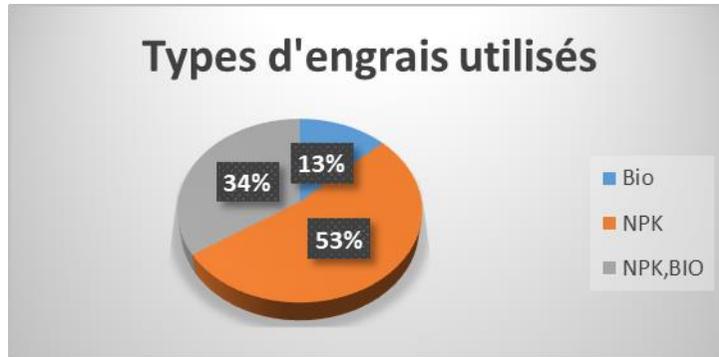
## Gestion des 2

### 2-2.3 Mode de gestion des déchets

En ce qui concerne la gestion des déchets, 72% des ménages gèrent très mal leurs déchets (Figure 8) en les brûlant ; en les déversant dans le cours d'eau ou au niveau des dépotoirs sauvages (Figure 9)

### 2-2.4 Diverses activités susceptibles de polluer les cours d'eau (Rivière Sô et Djonou)

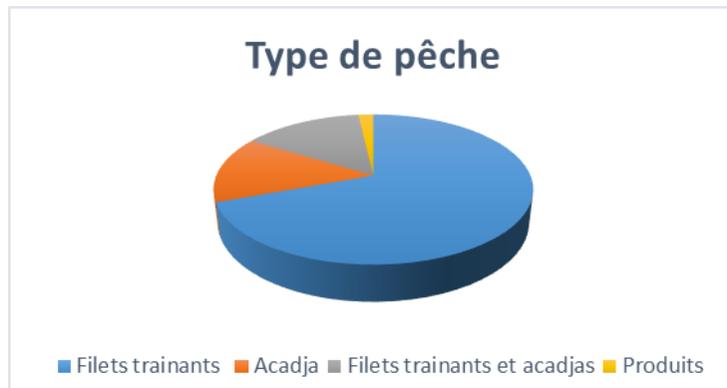
Les figures 10 ; 11 ; 12 et 13 montrent respectivement que ce sont les activités telles que : l'agriculture et le maraîchage à travers l'utilisation d'engrais NPK (53% des ménages) ; l'élevage (à travers le mode d'abreuvement) ; la pêche à (travers les techniques utilisées) ; et le commerce des hydrocarbures (à travers les accidents de déversement) qui sont susceptibles de polluer les rivières Sô et Djonou.



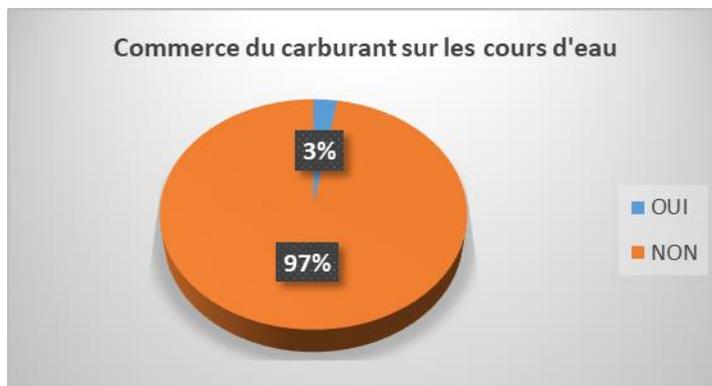
**Figure 10:** Proportion des ménages (agriculteurs et maraîchers) utilisateurs des divers types d'engrais



**Figure 11:** Proportion des ménages éleveurs disposant d'abreuvoir ou non



**Figure 12:** Proportion des ménages Pêcheurs avec leurs techniques de pêche



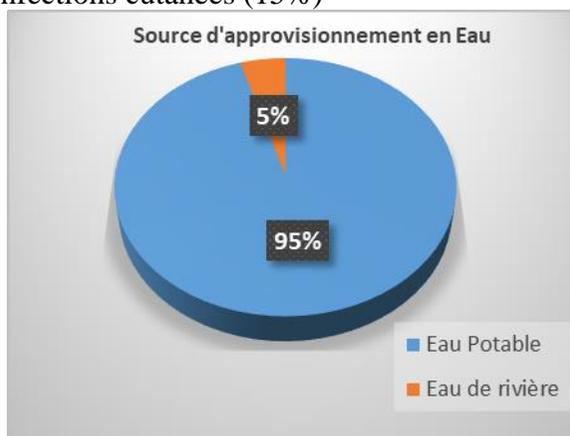
**Figure 13:** Proportion des ménages vendeurs d'essence ou de gasoil sur la rivière Sô

### Maladies et concept de pollution selon les ménages

#### - Approvisionnement en Eau de consommation et maladies

Les résultats issus de l'enquête montrent que :

- ✓ 95% des ménages utilisent une source d'eau potable contre 5% qui utilisent comme source l'eau des rivières (figure 14).
- ✓ Les maladies fréquentes (Figure 15) dont souffrent ces ménages sont Paludisme (61%), diarrhée (24%) et les infections cutanées (15%)



**Figure 14:** Proportion des ménages selon leur source d'approvisionnement en eau

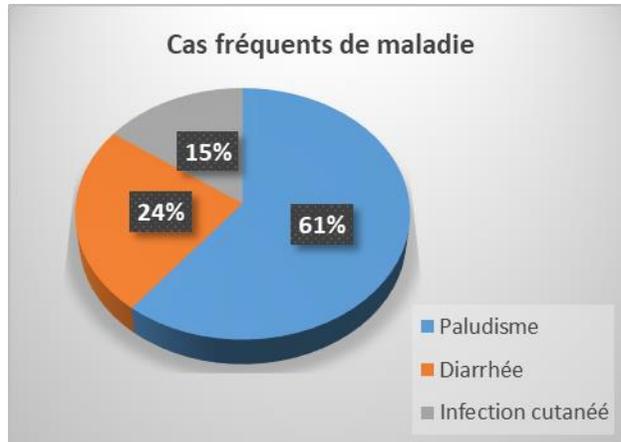


Figure 15: Proportion des différents cas fréquents de maladies

### 3- Discussions

#### - Etat des lieux de la pollution du lac et ses affluents

Le lac Nokoué est un milieu lacustre très dynamique (Bokonon-ganta, 1989) où les populations sont très exposées aux maladies hydriques (Cledjo, 1999). L'impact du trafic des produits pétroliers sur le lac Nokoué et la lagune de Cotonou a occasionné la très forte pollution chimique occasionnée par le déversement des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le lac (Tossou, 2000).

Dans le village de Ganvié, sur le lac, les déjections animales et humaines constituent les principales sources de pollution (Folal, 2001). Il est notamment démontré que les excréta rejetés dans le lac constituent la plus importante source de pollution bactériologique et que les dépôts de branchages d'acadjas sont la principale source de pollution organique (Kouchade, 2002). Le système qualité de la pollution du lac Nokoué est pollué par des agents chimiques et bactériologiques (Todjinou, 2004).

L'évaluation de la pollution des eaux continentales par les métaux toxiques dans la rivière Okpara et le lac Nokoué a abouti au résultat selon lequel les métaux lourds se retrouvent dans l'eau du lac Nokoué, dans les sédiments du lac et dans l'organisme des poissons de ce lac à des concentrations supérieures à la normale (Agonkpahoun, 2006). Ainsi dans les échantillons d'eau du lac Nokoué, les teneurs en plomb, aluminium et cadmium dépassent le seuil (Agonkpahoun, 2006). Dans les sédiments du même lac, l'aluminium, le cadmium et le zinc sont présents à des concentrations non négligeables. Des poissons prélevés dans le lac Nokoué contiennent dans leur chair du cuivre à une concentration élevée (Agonkpahoun, 2006). Or, Les métaux lourds dans l'organisme humain remplacent ou substituent les minéraux essentiels ; ont un effet antibiotique, ce qui augmente la résistance des bactéries, changent notre code génétique ;

produisent des radicaux libres ; neutralisent les acides aminés utilisés pour la détoxification ; causent des allergies ; endommagent les cellules nerveuses. (Dovonou, 2010).

Le risque écotoxicologique lié à la pollution du lac Nokoué est très grand car il y a risque de toxicité pour la faune aquatique à cause de l'ion ammonium provenant de la décomposition des excréta qui passe sous la forme de gaz ammoniac à la faveur d'une élévation du pH (par exemple grâce à l'absorption du CO<sub>2</sub> par la photosynthèse). Le gaz ammoniac est toxique et peut entraîner la mort des poissons, des crevettes et d'autres organismes. Les concentrations de nitrate sont au-dessus de la norme à cause du rejet des excréta dans le lac. Les risques de prolifération de plantes aquatiques par eutrophisation sont élevés dans le lac Nokoué. En effet, les ions ammonium, nitrate et phosphate en concentration très élevées dans la zone méridionale du lac peuvent induire un développement exagéré des végétaux aquatiques tels que la jacinthe d'eau qui entraînera des difficultés de navigation réduisant les activités économiques. Les risques d'asphyxie pour la faune et la flore benthiques sont liés au manque d'oxygène dissous provoqué par la forte demande en oxygène pour l'oxydation de cette grande quantité de matière organique que sont les végétaux pourris au fond du lac, les excréta jetés dans le lac, car à ce rythme, l'auto épuration du lac finira par disparaître (Dovonou, 2010).

Egalement, les analyses physico-chimiques révèlent que le secteur amont présente des valeurs compatibles à la vie aquatique tandis que les cours moyen et inférieur de la rivière Sô sont fortement anthropisés, avec des eaux de très mauvaise qualité consécutive aux apports excessifs en matières organiques d'origines diverses (Koudénoukpo, 2017).

La partie amont de la rivière Sô présente des eaux d'une bonne productivité piscicole tandis que les cours aval et moyen présentent des eaux de fortes teneurs en composés azotés et phosphorés perturbant le biotope ce qui pourrait créer un déséquilibre de la faune aquatique. Ces résultats constituent des données de base pour la mise en place d'un plan de gestion durable de la rivière et son bassin versant.(Koudénoukpo et al,2017)

Ainsi, les valeurs retrouvées dans les eaux de la rivière Sô sont supérieures aux valeurs tolérantes admises et traduisent donc l'apport excessif du lessivage et du ruissellement des terres agricoles fertilisées. Sur la rivière Sô, on note que les eaux sont beaucoup plus influencées par les différentes saisons (pluvieuse et sèche) de l'année. En effet, durant la grande saison pluvieuse et la petite saison sèche, les teneurs en sels nutritifs surtout azotés et phosphorés, deviennent importantes. Ces sels nutritifs sont drainés par les eaux de ruissellement chargées de produits de lessivage des bassins versants et par l'arrivée des eaux continentales, riches en matières organiques. Ce qui crée une pollution organique dans le cours inférieur et moyen de la rivière telle que

démontré par la typologie abiotique réalisée. Elle est également liée à l'usage abusif des engrais chimiques lors des activités agricoles qui se développent le long du bassin versant de la rivière ainsi qu'à l'élevage des porcs et bœufs qui sont laissés en divagation laissant d'importantes quantités de déjections dans la rivière. (Koudénoukpo et al, 2017).

#### - **Identification du sexe du chef ménage et de son groupe socio-professionnel**

Les résultats de l'enquête montrent que sur l'ensemble des chefs ménages (255) enquêtés; 71% sont des hommes et 29% sont des femmes (Figure 3). Ils appartiennent à différents groupes professionnels à savoir: maraichers (9%), agriculteurs (10%), pêcheurs (16%), commerçants (25%) et les autres activités (40%). Comme autres activités, nous avons les maçons, les menuisiers, les instituteurs, mécaniciens, dépanneurs, staffeurs, professeurs, soudeurs, agents de santé, vitriers, zémidjans etc).

#### - **Existence ou non d'un système d'assainissement adéquat**

La faible disponibilité de latrines fonctionnelles conduit les populations de vekky (Sô-Ava) à pratiquer beaucoup plus la défécation à l'air libre et surtout dans le cours d'eau (Dovonou et al 2022).

Il est constaté que 36% des ménages enquêtés disposent d'un système d'assainissement (WC, Fosse Septique (FS), puisard (PZ) et 64% (Figure 5) ne disposent pas d'un système d'assainissement adéquat. Notons que la majorité des ménages qui disposent d'un système d'assainissement sont dans les quatre arrondissements de la commune d'Abomey Calavi ; par contre, ceux de la commune de Sô-Ava ne disposent pas en majorité d'un système d'assainissement adéquat. Au nombre des ménages disposant d'un système d'assainissement, 50% disposent d'un WC, d'une fosse septique(FS) et d'un puisard (PZ), 35% disposent uniquement d'un WC et 15% disposent d'un WC et d'une fosse septique (FS). Au nombre des ménages ne disposant pas d'un système d'assainissement, 60% défèquent au bord des cours d'eau (BDC) et directement dans les cours d'eau (DCE), 10% font leur besoin dans la brousse (BR) et 30% défèquent uniquement dans les cours d'eau(DCE) (figure 7) ces résultats sont en accord avec ceux de Dovonou et al. (2022). Cet état de chose n'est pas reluisant et expose les cours d'eau à une forte pollution fécale.

#### - **Gestion des déchets**

Dans les Zones lacustres au Bénin, il se pose un problème d'habitats décents, d'assainissement, de gestion des déchets organiques et ménagers. (PNUD Bénin, 2021)

Ainsi, la gestion des déchets demeure un problème majeur dans la plupart des arrondissements de la commune de Sô-Ava. En effet, 72% des ménages enquêtés (figure 8) déclarent n'être pas abonnés à une société de collecte des ordures. Ceci est dû à l'absence des sociétés de collectes d'ordures dans les

arrondissements de la commune de Sô-Ava à cause du caractère lacustre de ces régions mais aussi au manque de moyens de certains ménages dans les quatre arrondissements de la commune d'Abomey-Calavi.

Par contre, 28% des ménages enquêtés sont abonnés à une société de collecte des ordures. Signalons que ces ménages abonnés à une société de collecte et de gestion des ordures sont exclusivement dans les quatre arrondissements de la commune d'Abomey Calavi.

La gestion des ordures par les ménages non abonnés à une société de gestion des ordures reste un problème environnemental. Néanmoins, ces ménages n'ignorent pas les risques liés à l'intoxication et à la pollution des cours d'eau. Ainsi, 4% de ces ménages jettent leurs ordures au niveau des dépotoirs sauvages, 31% déversent leur ordures directement dans le cours d'eau, 26% brûlent leurs ordures en période de décrue et 39% des ménages non abonnés brûlent ou déversent leurs ordures directement dans le cours d'eau (Figure 9). Ces différents résultats montrent les différentes pressions anthropiques qui s'exercent sur les rivières Sô et Djonou. Les déchets produits par l'ensemble des ménages sont des déchets biodégradables (déchets d'animaux, aliment pourris) et non biodégradables (sachets plastiques, verreries,) ainsi que des déchets électroménagers susceptibles de contenir des métaux lourds.

#### - **Diverses activités susceptibles de polluer les cours d'eau (Rivière Sô et Djonou)**

Les activités principales qui dominent en amont et sur les cours d'eau sont le commerce (25%), la pêche (16%), l'agriculture (10%) et le maraîchage (9%) comme indiqué au niveau de la figure 4. En réalité, 53,3% des ménages font de façon directe (activité principale) ou indirecte (activité secondaire) l'élevage des bœufs, des porcs et de la volaille et 43,52 % des ménages font la pêche de manière directe ou indirecte.

Ces activités polluent les cours d'eau à travers les manières dont elles sont menées ou à travers les différents produits qui sont utilisés.

C'est le cas des activités agricoles et de maraîchage, où environ 20% des ménages enquêtés utilisent de l'engrais pour accroître la productivité. Ainsi 53% des ménages ayant comme activités le maraîchage et l'agriculture utilisent de l'engrais NPK, 13% utilisent de l'engrais biologique (fientes d'animaux et laitue d'eau en décomposition) et 34% de ces ménages utilisent simultanément l'engrais NPK et Bio. Ces périmètres cultivables se retrouvent dans un rayon très rapproché des deux rivières; l'eau de ruissellement pourrait alors conduire le surplus des engrais non utilisés par les cultures vers les cours d'eau, ce qui engendrerait un enrichissement en azote et en phosphore favorisant ainsi le phénomène d'eutrophisation remarqué sur les divers tributaires (Rivière Sô et Djonou) du lac Nokoué. En ce qui concerne les activités d'élevage, 69% des ménages qui la pratiquent comme activité principales ou secondaires ne disposent pas d'abreuvoir pour abreuver le

cheptel contre seulement 31% qui en disposent (figure 11). La majorité déclare conduire directement le cheptel au bord de la rivière afin qu'ils boivent l'eau. Cette pratique favoriserait beaucoup le phénomène de pollution de ces cours d'eau.

En ce qui concerne les activités de pêche, 69,36% des ménages qui les pratiquent utilisent les filets à petites mailles ou les filets trainants, 14,41% utilisent la technique des Acadjas, 14,41% utilisent les deux techniques et seulement 1,80% utilisent les produits (débris, fientes de bœuf, provende) pour attirer les poissons. En effet les branchages d'acadjia et les produits utilisés pourraient occasionner une forte pollution organique des rivières Sô et Djonou.

En ce qui concerne le commerce d'essence ou de gasoil sur les rivières, seulement 3% de l'ensemble des ménages font ce commerce contre 97% qui ne le font pas (Figure 13). L'ensemble de ceux qui font ce commerce ont avoué qu'il y a fréquemment des accidents de déversement de ces carburants dans les cours d'eau et qu'ils sont souvent passifs face aux cas d'accident de déversement. Ce constat du commerce de carburant est également fait par Koudénoukpo (2017). Ainsi, ces produits pétroliers pourraient favoriser la pollution chimique des cours d'eau (rivières Sô et Djonou) tributaires du lac Nokoué.

Ces résultats confirment ceux de Benin Topo (2006) qui stipule que sur le plan économique dans la commune de Sô ava, la pêche, l'agriculture, l'élevage, d'une part, le commerce et le tourisme, d'autre part, dominent les activités économiques. Ces deux groupes occupent respectivement 49,44% et 45,07% de la population active.

#### - **Maladies et concept de pollution selon les ménages**

En ce qui concerne l'approvisionnement en eau, 95% des ménages s'approvisionnent au niveau des forages contre 5% qui continuent de s'approvisionner avec l'eau de la rivière (Figure 14). Ce constat bien que reluisant, ne les épargne pas des nombreux cas de maladies directement ou indirectement liées à l'eau. Ainsi, 80,7% des ménages (figure 15) souffrent de façon récurrente des maladies suivantes: le paludisme, la diarrhée chronique, les infections cutanées, ce qui est au-dessus des résultats de Dovonou et Al (2022). Cette différence pourrait être expliquée par une limite de temps (deux dernières semaines) imposée dans le questionnaire d'enquête par ces derniers. Ces cas de maladies seraient dus à l'utilisation d'eau non potable mais aussi aux mauvaises conditions d'hygiène dans les ménages. Enfin, tous les ménages sont conscients du danger qu'est la pollution des cours d'eau. Ainsi, ils qualifient cet état de chose comme un risque progressif qui pourra nuire aux espèces halieutiques ainsi qu'aux espèces humaines. En effet, ils ont tous reconnu que c'est la pollution des rivières qui crée des nombreux cas de maladies récurrentes.

Pour pallier cet état de choses, les ménages ont souhaité qu'une sensibilisation soit faite à leur endroit suivie des sanctions pour les éventuels acteurs de la pollution; néanmoins, ils sollicitent l'appui de l'état central pour Construire davantage les ouvrages d'assainissement, bien gérer les déchets, lutter contre l'eutrophisation afin de réduire les diverses maladies hydriques.

## **Conclusion**

L'état des lieux de la pollution du système lac Nokoué et de ses affluents révèle qu'il est pollué du point de vue chimique, bactériologique et organique et toutes ces formes de pollution ont pour sources les activités anthropiques.

L'inventaire des différentes pressions qui sont exercées sur les tributaires du lac Nokoué (Rivières Sô et Djonou) montre qu'elles sont anthropiques. Ainsi, il est remarqué un manque criard ((surtout au niveau de la rivière Sô) de système d'assainissement (WC, fosse septique et puisard); ce qui oblige la population riveraine à déféquer au bord du cours d'eau ou directement dans le cours d'eau exposant ainsi la rivière Sô à des risques élevés de contamination fécale.

Aussi, la mauvaise gestion des déchets par la population riveraine: dépotoirs sauvages (Aux abords de la rivière Djonou); déversement direct dans le cours d'eau (Rivière Sô) sont autant de pressions anthropiques que subissent les tributaires du lac Nokoué.

Enfin, diverses activités exercées par les riverains telles que l'agriculture, le commerce d'essence, la pêche, le maraîchage et l'élevage polluent les cours d'eau à travers la manière dont elles sont pratiquées mais également à travers les divers produits qui sont utilisés.

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

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

**Déclaration de financement:** cette recherche est financée par le Centre excellence pour l'eau et l'Assainissement (Banque mondiale et AFD)

**Déclaration relative aux participants humains:** Cette étude a été approuvée par l'Institut National de l'Eau (Laboratoire d'Hydrologie Appliquée) et les principes d'Helsinki ont été respectés.

## References:

1. ACDT. 2019. Construction du pôle agroalimentaire de l'agglomération du grand Nokoué à Abomey Calavi. Rapport d'EIESA.225P.
2. AGONKPAHOUN, E. 2006. *Evaluation de la pollution des eaux continentales par les métaux toxiques : Cas de la rivière Okpara et du lac Nokoué au Bénin*. Thèse de Doctorat en pharmacie, FSS /UAC, 87p.
3. BENIN TOPO-FONCIER. (2006). Monographie de la commune de Sô-Ava.108 p.
4. BOKONON, G. 1989. L'environnement et sa dynamique en milieu lacustre ouest africain : le cas de Ganvié au Bénin. Revue Géo-Eco-Trop N°13 Tome 1-4,PP.
5. CLEDJO, F.A. P. 1999. *La gestion de l'environnement dans les cités du lac Nokoué (région du littoral du sud-Bénin)*. Mémoire de DEA en Gestion de l'environnement FLASH / UAC.55p.
6. Direction des pêches, 2004. *Rapport Annuel d'Activité Ministère de l'Agriculture, Elevage et Pêche, Bénin*.65P
7. DOVONOU F., ADJIMEHOSSOU F., KINDOHO M., ATCHICHOE W. 2022 .Problèmes d'Assainissement de base : contribution à l'éducation à la santé environnementale à Vekky (Sô-Ava), Journal of Applied Biosciences 174: 18069 – 18092 ISSN 1997-5902. 24P
8. DOVONOU F., 2010 .*la pollution des plans d'eau du Bénin*. Mémoire de DEA en Environnement Santé et Développement, UAC (Bénin), 67p.
9. FOLAL H. 2001 : *La pollution des eaux liées à l'évacuation des excréta en milieu lacustre : Cas du village de Ganvié sur le lac Nokoué (Bénin)*.Mémoire DIT /EPAC/UAC, 86 p.
10. FRATERNITE JOURNAL : pollution des cours d'eau de Djonou : les ressources halieutiques menaces : octobre 2016
11. INSAE.2016. Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du Bénin (RGPH4-2013),85P
12. KOUCHADE M.,2002. *Evaluation de la pollution organique et bactériologique due aux excréta, eaux usées et aux déchets solides dans la lagune de Cotonou*. Mémoire DIT / EPAC
13. KOUDENOUKPO Z. C., 2017.Evaluation de la qualite ecologique de la riviere sô au sud benin (afrique de l'ouest) : diversite et distribution des assemblages de zooplancton et des macroinvertebres benthiques. Thèse de doctorat, 230P
14. KOUDENOUKPO Z., CHIKOU A., ADANDEDJAN D. 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 113-11111-11122 2017. ISSN 1997-5902 18P
15. KRESIC N. , 2007. Hydrogeology and groundwater modeling. Second edition. 450p.
  16. LALEYE P., 1995. Écologie comparée de deux espèces de Chrysichthys, poissons Siluriformes (Claroteidae) du complexe lagunaire « Lac Nokoué-Lagune de Porto-Novo » au Bénin. Thèse de doctorat, Université de Liège, 199p.
  17. LALEYE, P., C. NIYONKURU, J. MOREAU , TEUGELS G.2003. *Spatial and seasonal distribution of the ichthyofauna of Lake Nokoué, Benin, West Africa*. African Journal of Aquatic Sciences 28 (2): 151-161
  18. MAMA D., 2010. *Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoué (Bénin)*. Mémoire de Thèse de l'Université de Lausanne, 157p.
  19. PNUD BENIN, 2021. Les zones lacustres du Benin face aux défis du développement. Rapport d'activité 23P
  20. ROCHE INTERNATIONAL, 2000. *Etude du projet d'aménagement des plans d'eau du Sud-Bénin. Synthèse de l'état des lieux et cadre de développement, volume I*. 87 p.
  21. SENOUVO P., 2002. *Etude de l'impact des pollutions en métaux lourds (plomb, cuivre et zinc) sur l'écologie des huîtres Crassestrea gascar en zones urbaines du lac Nokoué et du chenal de Cotonou (Bénin)*. Mémoire de DEA en Gestion de l'environnement FLASH/UAC, 64p
  22. SERIKI S. A., 2018 .Pollution des eaux et vulnérabilités des ressources halieutiques de la rivière So dans la commune de SO-AVA, Journal de la recherche scientifique de l'université de Lomé, 17P
  23. SGP's, 2021: Quality assured data from annual monitoring process as of june 30 ; 2021
  24. TODJINOU L., 2004. Le système qualité de la pollution du lac Nokoué. Mémoire de maitrise/FLASH/UAC,102P
  25. TOSSOU S., 2000. *Impact du trafic des produits pétroliers sur les écosystèmes lacustres : Cas du lac Nokoué et de la lagune de Cotonou (Bénin)*. Mémoire de DEA en Gestion de l'environnement FLASH / Université d'Abomey-Calavi, 132 p.

# **Gestion de l'environnement dans les villes industrielles : faillite de la responsabilité sociale des entreprises ou absence de contrôle des communes ? L'exemple de Douala au Cameroun**

*Nokam Motio Nina Gaëlle*

Docteure en Géographie, enseignante à l'Université de Douala, Cameroon

*Aristide Yemmafou*

Professeur de Géographie urbaine à l'Université de Dschang, Cameroon

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p296](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p296)

Submitted: 12 October 2023

Accepted: 02 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Nokam Motio N.G. & Yemmafou A. (2024). *Gestion de l'environnement dans les villes industrielles : faillite de la responsabilité sociale des entreprises ou absence de contrôle des communes ? L'exemple de Douala au Cameroun*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 296. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p296>

## **Résumé**

La ville de Douala connaît une croissance urbaine et industrielle non contrôlée qui dégrade progressivement le cadre de vie des populations. Les pollutions suscitent des revendications des populations riveraines sur la scène publique avec en face des entreprises qui se targuent de maîtriser leurs rejets à travers leur plan de gestion environnementale et sociale (PGES). Les auteurs soutiennent que cette dégradation est liée à l'échec des politiques de management de l'environnement dans les entreprises industrielles et l'absence de légitimité des communes dans le contrôle de la qualité de l'environnement industriel. L'objectif de cet article est d'analyser les politiques de management environnemental dans le contexte industriel de Douala et d'argumenter pour une légitimité des communes dans le contrôle de la qualité de l'environnement en milieu industriel. L'approche méthodologique est basée sur trois années d'observation des pratiques environnementales des entreprises, suivi d'un sondage auprès d'un échantillon de 100 entreprises choisies dans les deux principaux pôles industriels de Douala. Les entretiens avec une quinzaine de responsables des politiques environnementales en entreprise et un sondage auprès d'un échantillon de 100 ménages riverains des zones industrielles ont

complété ces observations. L'étude met en évidence le contexte d'appropriation de la responsabilité sociale des entreprises (RSE) au Cameroun, les inquiétudes croissantes dans la gestion de l'environnement au sein des industries, les facteurs de dégradation environnementale en entreprise avec en exergue la non mise en œuvre et discriminante des PGES et la mauvaise gestion des coûts environnementaux par les autorités locales et les services déconcentrés de l'Etat ; ce qui nous pousse à suggérer le renforcement de la légitimité des communes dans le contrôle de la qualité environnementale de Douala.

---

**Mots-clés:** Cameroun, Douala, gestion de l'environnement, ville industrielle, faillite de la RSE

---

## **Environmental management in industrial cities: failure of corporate social responsibility or lack of control by municipalities? The example of Douala in Cameroon**

*Nokam Motio Nina Gaëlle*

Docteure en Géographie, enseignante à l'Université de Douala, Cameroon

*Aristide Yemmafou*

Professeur de Géographie urbaine à l'Université de Dschang, Cameroon

---

### **Abstract**

The city of Douala is experiencing uncontrolled urban and industrial growth which is gradually degrade the living environment of the populations. Pollutions give rise to demands from riverside population on the public stage with companies that pride themselves on controlling their discharges through their environmental and social management plan (ESMP). The authors argue that this degradation is linked to failure of environmental management policies in industrial companies and the lack of legitimacy of the municipalities in controlling the quality of the industrial environment. The objective of this article is to analyze environmental management policies in the industrial context of Douala and to argue for the legitimacy of the municipalities in controlling the quality of the environment in industrial area. The methodological approach is base on three years of observation of companies' environmental practices, followed by a survey of a sample of 100 companies chosen in the two main industrial centers of Douala. Interviews with around fifteen responsible for environmental policies in companies and a survey of a sample of 100 households living near industrial zones were conducted. The study highlights the context of appropriation of corporate

social responsibility (CSR) in Cameroon, increasing concerns in environmental management within industries, the factors of environmental degradation in companies, highlighting the non-implementation and discrimination of ESMP and poor management of environmental costs by local authorities and decentralized state services, which pushes us to suggest strengthening the legitimacy of municipalities in controlling the environmental quality of Douala.

---

**Keywords:** Cameroon, Douala, environmental management, industrial city, Corporate Social Responsibility (CSR) failure

### **Introduction**

Le problème de gestion de l'environnement industriel se pose de plus en plus avec acuité dans les grandes villes comme en témoigne la recrudescence des pollutions, dégradation du cadre de vie et les injustices environnementales décriées par les riverains. Il s'agit d'un problème mondial décrié depuis le sommet de Kyoto en 1987 et décliné depuis les années 1990 par l'obligation d'un plan de gestion environnementale et sociale (PGES) pour tout projet d'envergure. Pour le jeune tissu industriel du Cameroun, l'application des mesures socio-environnementales consignées dans les cadres nationaux et internationaux est relative ; surtout que les compétences de contrôle de gestion sont discutées entre les collectivités locales réclamant la mise en œuvre des dispositifs prévues dans la décentralisation et les ministères techniques. L'urbanisation et l'industrialisation ont des impacts néfastes sur l'environnement nécessitant l'implication de toutes les parties prenantes dans le management environnemental. A l'échelle des entreprises, il est question d'intégrer les externalités négatives de leurs activités dans leurs pratiques managériales. C'est d'ailleurs le fondement de la pensée de Duclos (2000) qui affirme que « le pollueur le plus impénitent peut devenir un modèle de vertu écologique, et l'usine la plus dangereuse peut évoluer vers la prévention la plus tatillonne, dès lors que l'entreprise parvient à définir un nouveau cadre de référence impliquant subjectivement ses participants. » (p.11)

La gestion de l'environnement au sein des industries est une problématique au centre du développement durable des sociétés. Douala, en tant que capitale du Cameroun et plateforme des échanges de la zone CEMAC, n'échappe pas à cette triste réalité. La gestion inadéquate des déchets industriels est source de malaise social exprimé par les revendications des populations de leur droit à un cadre de vie sain. La ville de Douala dispose de deux principales zones industrielles réparties sur deux communes d'arrondissement : Douala III (Logbaba) et Douala IV (Bonassama). Malgré le transfert des compétences dans le domaine de l'environnement suite à l'avènement de la décentralisation, ces communes n'arrivent pas à exercer des

missions d'inspection environnementale dans les établissements dits « classés dangereux, insalubres ou incommodes »<sup>1</sup>. Dès lors, les populations subissent les pollutions de ces derniers sans toutefois bénéficier des externalités et tiennent les communes pour responsable. C'est donc la commune en tant qu'autorité locale qui doit répondre en premier lieu aux revendications citoyennes. Cette gestion interpelle pourtant la responsabilité sociale des entreprises (RSE). Ce travail postule que la dégradation de l'environnement au sein des industries de Douala est tributaire de la faillite des pratiques RSE et s'inscrit à la suite de Djoutsa Wamba et Hikkerova (2014) qui ont évalué les pratiques RSE des PME camerounaises grâce à la méthode VIGEO<sup>2</sup>, Moskolaï et al (2016) qui distinguent deux caractéristiques communes aux entreprises: les réactives et les proactives mais avec quelques variantes : les adaptatives et les réticentes. Ntsonde et Aggeri, (2017) observent que seules les grandes entreprises ont un comportement volontaire vis-à-vis de la RSE et mettent en place des politiques sociales et environnementales de manière proactive.

### ***Matériels et méthodes***

Nous partons de la démarche hypothético-déductive. Grâce à une grille d'observation, au questionnaire, des guides d'entretien nous avons mené des observations participantes. La prise de vue a été possible à l'aide d'un appareil photo et la localisation de certains points par un GPS qui seront insérés dans les cartes à travers les logiciels cartographiques.

### ***Zone d'étude***

Douala, capitale économique, couvre une superficie de 210 km<sup>2</sup>, chef-lieu de la région du Littoral et du département du Wouri, principale ville industrielle du Cameroun, est située en Afrique centrale au bord de l'océan atlantique, deuxième ville la plus peuplée du Cameroun (2.768 millions d'habitants selon le recensement de 2015, estimée à 4.203 108 habitants en 2024<sup>3</sup>, communauté urbaine par décret N°87/1366 du 24 septembre 1987 constituée de six communes d'arrondissement : Douala I, II, III, IV, V et VI. (Fig.1)

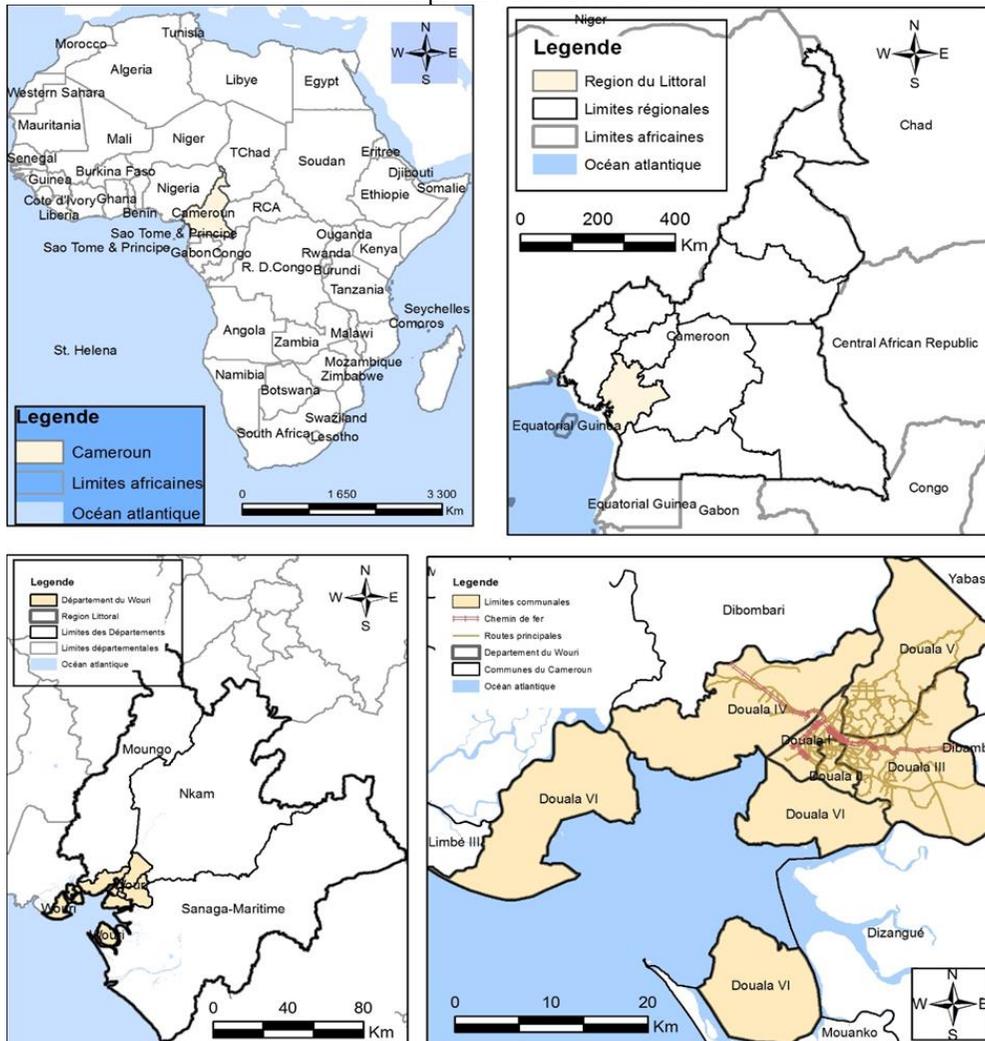
---

<sup>1</sup>Loi n° 98/015 du 14 juillet 1998 relative aux établissements classés dangereux, insalubres ou incommodes

<sup>2</sup> L'évaluation selon VIGEO porte sur six domaines (les droits humains, la gestion des ressources humaines, l'environnement, les relations clients – fournisseurs / sous-traitants, la gouvernance d'entreprise et l'engagement sociétal) prédéfinis par les organismes internationaux (OIT, ONU, OCDE et UE) à travers leurs recommandations, leurs conventions, leurs principes directeurs et leurs déclarations à l'attention des Etats et des entreprises. On dénombre environ 40 critères d'évaluation de la RSE issus des objectifs et principes d'action mis en évidence par ces organismes internationaux

<sup>3</sup> UN world Urbanization prospects

**Figure 1** : Douala dans la sous-région Afrique centrale : Cette figure représente la localisation précise de la zone d'étude



Source : Nokam, 2024

La diversité des infrastructures de communication : port, aéroport, chemin de fer et réseau routier a fait de Douala la porte d'entrée du Cameroun et une plateforme d'échange avec la zone Afrique centrale, aux travers des activités industrielles ou de transformation des intrants mais également des produits agricoles d'exportation produits dans l'arrière-pays (principalement Sud-Ouest et Ouest, (75 % des industries du pays y sont installées ainsi que 60 % des PME, 35% des unités de production, 65% des grandes entreprises, 55% des moyennes entreprises, 62% du chiffre d'affaires national et 45% des emplois offerts par les entreprises d'après le recensement de 2009.

### ***Collecte des données***

Elle est basée sur trois années d'observation d'une centaine d'entreprise à Douala à partir d'un poste de coordonnateur d'un projet dans une commune. Un questionnaire a été administré auprès d'un échantillon de 100 entreprises choisies en fonction du type d'activité, statut juridique, raison spatiale (Zone industrielle, proximité des ménages, toxicité/ nuisance de l'activité, prise en compte des riverains ; complété par des entretiens approfondis auprès des responsables (15) des politiques environnementales en entreprise. Les sujets abordés sont entre autre : les dispositifs de protection de l'environnement, la prise en charge des externalités négatives et les coûts environnementaux. Un sondage a été réalisé auprès d'un échantillon de 100 ménages riverains des zones industrielles, le choix des enquêtés s'est fait au hasard dans les quartiers de Bojongo/Mikwelle (17), Mabanda (30), Oyack (37), Ndogsimbi (11) dans les communes de Douala 4 et Douala 3 respectivement. L'objectif étant d'identifier leurs plaintes par rapport aux nuisances causées par l'activité industrielle. L'analyse et le traitement des données grâce aux logiciels spécifiques ont permis de réaliser les figures ainsi que les tableaux.

### ***Traitement des données***

Les données essentielles de terrain sont celles des charges polluantes obtenues à la communauté urbaine de Douala concernant les milieux récepteurs (le fleuve wouri, crique Bomono, crique Docteur, crique Moungo, station d'épuration Sawa) des effluents industriels. Elles permettent de faire une comparaison entre les valeurs seuils homologuées par l'organisation mondiale de la santé (OMS) et celles prélevés in situ. Ces charges polluantes représentent la quantité de pollution transitant pendant un temps défini dans un réseau et s'exprime en kg DBO<sub>5</sub>, kgDCO/j, MEST/j. C'est un indice qui montre le degré de pollution. L'évaluation des charges polluantes est une méthode qui permet de déterminer certaines valeurs comme la Demande en Oxygène en cinq jours (DCO<sub>5</sub>), la Demande Biologique en Oxygène (DBO), les Matières en Suspension (MES). Elle permet donc d'attester des pollutions.

### ***Résultats et discussions***

Cette étude met en exergue comme résultat : L'état des lieux de la RSE au Cameroun, les inquiétudes croissantes dans le management de l'environnement industriel caractérisées par un développement industriel incontrôlé, des rejets de plus en plus perceptibles et revendiqués par les populations. Ensuite l'on s'interrogera sur les facteurs de dégradation de l'environnement en entreprise avec en toile de fond l'absence de politiques environnementales efficaces en entreprise. Ce qui permet de se positionner en

faveur de la légitimité des communes dans le contrôle de la qualité environnementale à Douala.

### **Etat des lieux de la RSE et son appropriation par les entreprises camerounaises**

Le concept RSE vu sous l'angle de la réparation des dommages fait son apparition dans les années 1950 aux Etats Unis avec Bowen repris par la suite par Hans Jonas dans les années 1970. Les préoccupations environnementales intègrent la RSE dans les années 2000, lorsque les Nations Unies lancent le « Global Compact » avec pour objectif de promouvoir au sein des entreprises des pratiques respectueuses de l'environnement et des droits de l'homme, des travailleurs dans une approche de responsabilité globale. Ce concept a donc connu des évolutions significatives au gré de la montée des préoccupations environnementales en milieu industriel. La Directive européenne 2004/35/CE prévoit par exemple que la responsabilité d'une entreprise est engagée lorsqu'un lien de causalité entre le dommage et l'activité est établi : d'où le lien entre la responsabilité objective et le dommage environnemental. Les travaux de Charba (2018) et Bouziane (2022) retracent la naissance, les fondements théoriques et l'évolution de la RSE. Ce dernier résume en quatre principaux facteurs ayant participé à l'émergence de la RSE : la controverse sur le contrôle social et la gouvernance de l'entreprise (débat sur les actionnaires/dirigeants ou propriété/gestion ; les pratiques des grandes entreprises industrielles au début du siècle, la professionnalisation du management et le rôle de l'éthique et de la religion.

Quynh Lien (2005) présente les dispositifs par lesquels les entreprises s'approprient les pratiques de RSE par les outils de communication : publicité, auto-déclarations, communication par l'évènement, les rapports sociaux, la publication des résultats d'audit social, les codes de conduite, la labellisation sociale. Les entreprises en intégrant la RSE dans leur management se sont confrontées à une question d'angle d'approche économique. D'après celle-ci, *« les nuisances environnementales causées par l'activité industrielle se traduisent par des coûts qui ne sont pas supportés par l'entreprise ni intégrés dans le prix de ses produits : problèmes de santé, accélération de la corrosion, pertes de récoltes, détérioration d'un site récréatif ou touristique, épuisement des ressources naturelles, etc. Ces coûts sont donc externalisés, c'est-à-dire reportés à la charge de la collectivité. »* Boiral (2004, p.5). A la suite, Saulquin et Schier, (2005) ont distingué 4 types d'entreprise face à la RSE : passive, réactive, active et proactive. Igalens et Tahri (2012) proposent d'associer aux trois dimensions de la RSE, trois bonnes pratiques : les bonnes pratiques économiques, les bonnes pratiques environnementales et les bonnes pratiques sociales. Dans tous les cas, la mise sur pied du développement durable par le biais de la RSE impose une démarche volontariste selon Allix-Desfautaux et

Luyindula, (2015), alors que Gherra et al (2013) pense plutôt à une démarche réactive ou proactive.

Le débat sur la RSE actuellement se passionne autour de la pluralité des définitions. Jbara, (2017), Joualy (2022) reviennent sur les origines et la définition de la RSE et présentent son application par les entreprises marocaines. Pour Robert (2022), la RSE s'est progressivement affadie, a perdu de son sens et de sa crédibilité avec la montée du greenwashing et du socialwashing, et que les résultats en matière de réduction des externalités négatives des entreprises sont peu probants. Le monde ouvrier européen se saisit de la question de la RSE, Ryder (2003), dans un article publié dans Education ouvrière, «la responsabilité sociale des entreprises est utile dans la mesure où elle offre aux travailleurs un espace pour protéger leurs intérêts, et nuisible dans la mesure où elle essaie de remplir cet espace». (p.24). En d'autres termes, il n'appartient pas aux entreprises de décider arbitrairement ce qui est bon ou non pour des gens qu'elles ne peuvent en aucun cas prétendre représenter. Les travailleurs ont besoin de solidarité, pas de charité. Ils ont besoin d'avoir leur mot à dire. Sulzer (2022) situe le débat plutôt au niveau de l'écologisation du travail et affirme que « les démarches de RSE constituent des incitations volontaires à rendre plus vertueuses des pratiques d'entreprises, dans des domaines pouvant être considérés comme indépendants : le social, le sociétal, l'environnemental. Les démarches mises en œuvre en entreprise, qu'elles soient d'application volontaire ou de mise en conformité avec des dispositions légales, impliquent des arbitrages entre ces différents aspects qui peuvent entrer en tension. Toutes les parties prenantes qui gravitent autour des entreprises n'ont pas forcément le même intérêt pour l'écologisation, et dans nombre de cas la compétitivité-coût semble prendre le pas. » (p.4)

Au Cameroun, l'industrialisation se fait dans un contexte de bipolarisation avec deux principales villes : Yaoundé et Douala. C'est quasiment une bipolarisation industrielle qui fragilise davantage le mince tissu économique doualais (Djatcho, 2012). La ville de Douala à elle seule compte 75 % des industries, avec 60 % des Petites et Moyennes Entreprises (PME), 35% des unités de production, 65% des grandes entreprises, 55% des moyennes entreprises (Noumsi, 2001, OSEED, 2005, INS, 2009, Ngok Evina, 2010). Face à cette prolifération, Ckouekam (2015) propose des outils permettant d'améliorer la performance en termes de gouvernance des entreprises. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette bipolarisation avec entre autre: la densité démographique, l'effectivité des infrastructures de transport, la disponibilité des ressources naturelles. Pour le cas de Douala, l'étalement urbain pousse à repenser les zones d'extension urbaine. C'est d'ailleurs les zones à forte disponibilité foncière situées en périphérie qui accueillent de plus en plus les industries (Essombe Edimo, 2007). Khan-Mohammad et Amougou (2020), affirment que le développement de ce

secteur industriel, est caractérisé par une majorité de trop petites entreprises concentrées en outre sur quelques sous-secteurs, est par ailleurs entravé par d'importantes faiblesses structurelles. Mises en évidence notamment par le diagnostic effectué en 2009 dans le cadre de l'élaboration du Document de stratégie pour la croissance et l'emploi pour 2010-2020. Ces faiblesses persistent encore aujourd'hui: déficit énergétique, cherté et mauvaise qualité des télécommunications, environnement social et juridique peu sécurisé, contraintes réglementaires, de normalisation et de qualité, difficultés d'accès aux financements, formation insuffisante en ressources humaines. (p. 59)

L'activité industrielle est responsable de la dégradation de la qualité de l'environnement, des nuisances de toutes sortes. A ce sujet, Ngo Balepa (2012) constate que les rejets provenant des activités économiques et résultant de l'urbanisation incontrôlée sont déversés directement et de façon anarchique dans le milieu naturel. Ces rejets constituent sur des milieux humides et d'implantation industrielle une source de pollution et de risque pour la santé des populations riveraines comme à Mikwélé (Bonabéri/Douala). Les résultats de ses enquêtes de terrain et des analyses physico-chimiques sur les effluents et les eaux des puits avoisinant une usine de distillerie, montre que la qualité du sol, des eaux et du cortège floristique du biotope ainsi que la santé des populations riveraines sont dégradées. A cette situation s'ajoute la précarité environnementale liée à la mauvaise gestion des déchets ménagers longtemps décriée dans les zones urbaines camerounaises (Assako Assako et al 2010, Tchuikoua et Elong 2015).

La nécessité de la pratique de la RSE a été soulignée par Spence et al (2008) lorsqu'ils ont fait remarquer que d'importants aspects environnementaux sont très souvent négligés par les entreprises industrielles. Farley et al. (1997) ont distingué cinq types de coûts environnementaux en rapport avec la RSE, à savoir : les coûts d'évaluation, de prévention, de contrôle, de correction et d'image publique. Djoutsa Wamba et Hikkerova (2014) ont évalué les pratiques RSE des PME camerounaises grâce à la méthode VIGEO<sup>4</sup>. Moskolai et al (2016) retrouvent deux caractéristiques communes précédemment évoquées par Saulquier et Schier (2005) à savoir : les réactives et les proactives mais avec quelques variantes : les adaptatives et les réticentes. Ces dernières laissent déjà entrevoir les conflits et l'incivisme de certaines entreprises. Ntsonde et Aggeri, (2017) observent que seules les grandes entreprises ont un comportement volontaire vis-à-vis de la RSE et mettent en place des politiques sociales et environnementales de manière

---

<sup>4</sup> L'évaluation selon VIGEO porte sur six domaines (les droits humains, la gestion des ressources humaines, l'environnement, les relations clients – fournisseurs / sous-traitants, la gouvernance d'entreprise et l'engagement sociétal) prédéfinis par les organismes internationaux (OIT, ONU, OCDE et UE) à travers leurs recommandations, leurs conventions, leurs principes directeurs et leurs déclarations à l'attention des Etats et des entreprises. On dénombre environ 40 critères d'évaluation de la RSE issus des objectifs et principes d'action mis en évidence par ces organismes internationaux

proactive. Tongue (2018) évoque une controverse autour de la RSE présente d'un côté, les défenseurs des valeurs morales en économie, de l'autre, la société civile plaidant pour une approche déontologique de la RSE. Elle consisterait en une formalisation contraignante des règles morales applicables en entreprise, rendant ainsi aléatoire le respect d'un certain nombre de principes relatifs aux droits humains, à l'environnement. Comme il est constaté, la RSE est un concept en émergence dans les PME du sud. Elles doivent donc suivre l'exemple des grandes entreprises, en occurrence les multinationales citoyennes supposées plus exigeantes sous la pression de leurs engagements internationaux. C'est le cas du domaine de la banane-export au Cameroun selon Chanteau et al. (2019) où les pratiques managériales sont évaluées à la fois au niveau économique, social et environnemental sur la base des dispositifs la RSE. El Imrani, et Taqi, (2022) insistent sur le fait que les bonnes pratiques RSE améliorent à coup sûr la performance financière de l'entreprise. Cette responsabilité implique la diffusion de la politique environnementale. Dès lors, la communication (Mikol, 2003) et l'information (Spaey et Sofias, 2006) environnementale sont assez limitées dans le contexte industriel doualais. En cohabitation quotidienne, les industries mettent en concurrence leurs formes de management : d'un côté les Grandes Entreprises (multinationales) observent les principes de bonne gouvernance et les procédures mettant en avant les bonnes pratiques de RSE, de l'autre, les Petites Entreprises (locales) avec une gestion balbutiante et précaire, mais obligée de s'arrimer aux normes et standards internationaux (Nokam, 2020). L'externalisation des coûts de pollution se traduit par le paiement des redevances à la collectivité. A ce sujet, la comptabilité environnementale fait ses prémices dans le management des entreprises camerounaises et se résume à l'acquittement des redevances et pourtant elle devrait aller au-delà des commodités usuelles telles que décrites par Berland et al (2009).

### **Inquiétudes croissantes dans le management de l'environnement industriel à Douala**

Capitale économique du Cameroun au travers des activités industrielles ou de transformation des intrants mais également des produits agricoles d'exportation produits dans l'arrière-pays : 75 % des industries du pays y sont installées ainsi que 60 % des PME, 35% des unités de production, 65% des grandes entreprises, 55% des moyennes entreprises, 62% du chiffre d'affaires national et 45% des emplois offerts par les entreprises<sup>5</sup> ; Douala est parsemée de plusieurs industries dans l'espace urbain entraînant des risques divers sur la santé humaine ainsi que sur l'environnement avec la prolifération

---

<sup>5</sup> Recensement général des entreprises de l'année 2009 (RGE 2009), INS, septembre 2010

des rejets des effluents industriels et la montée en puissance de l'incivisme environnemental à l'origine des revendications des populations riveraines.

### ***Des entreprises sans cesse croissantes disséminées dans les zones résidentielles, sources de risques permanents***

L'industrialisation au Cameroun évolue dans un contexte économique fragile et où les mécanismes de Responsabilité Sociale des Entreprises (RSE) sont en cours d'apprentissage. Les établissements classés dangereux insalubres ou incommodes sont une catégorie d'entreprise sous surveillance administrative assujettis à une réglementation particulière<sup>6</sup>. D'après le dernier recensement des entreprises en 2009, le secteur de l'industrie camerounaise comprend 11 685 entreprises. Il est caractérisé par une prédominance de Très Petites Entreprises (9 917) soit près de 85%. Les Grandes Entreprises quant à elles représentent un peu plus de 2%. Le sous-secteur « textiles, confections, cuirs et chaussures » est dominant et regroupe 54,7% des entreprises. Les Grandes Entreprises regroupent 25% d'entreprises « d'alimentation, boisson et tabac », 18% « d'industrie de bois, papier, imprimerie et édition », 17% « d'entreprises de chimie, raffinage du pétrole, caoutchouc et plastique ». Le secteur industriel a généré en 2008 un chiffre d'affaires de 3 502,7 milliards de FCFA et emploie 87 889 travailleurs. En 2008, 922 entreprises industrielles seulement sur 11 685 (soit 8% des effectifs) ont effectué des investissements pour un montant global de 351 milliards de francs CFA. Les grandes industries, malgré leur faible nombre (9% des industries ayant investi) ont réalisé 75% du montant total de ces investissements.

Nous avons distingué deux types d'industries : les industries reposant sur la volonté étatique à créer des sociétés publiques et parapubliques et à encourager les initiatives privées locales, et les industries découlant de la volonté d'implantation des multinationales. En cohabitation quotidienne, ces industries mettent en concurrence leurs formes de management : d'un côté les Grandes Entreprises (multinationales) observent les principes de bonne gouvernance et les procédures mettant en avant les bonnes pratiques de RSE, de l'autre, les Petites Entreprises (locales) avec une gestion balbutiante et précaire, mais obligée de s'arrimer aux normes et standards internationaux. L'installation des industries tient compte des facteurs de localisation notamment, la zone portuaire et son extension sur Bonabéri, la zone de Ndokotti-Bassa. Les zones à forte disponibilité foncière situées en périphérie accueillent de plus en plus les industries. C'est le cas par exemple de la sortie Sud-est de la ville où une zone industrielle est en pleine expansion. Cet assaut sur de nouveaux espaces industriels en périphérie complexifie la situation

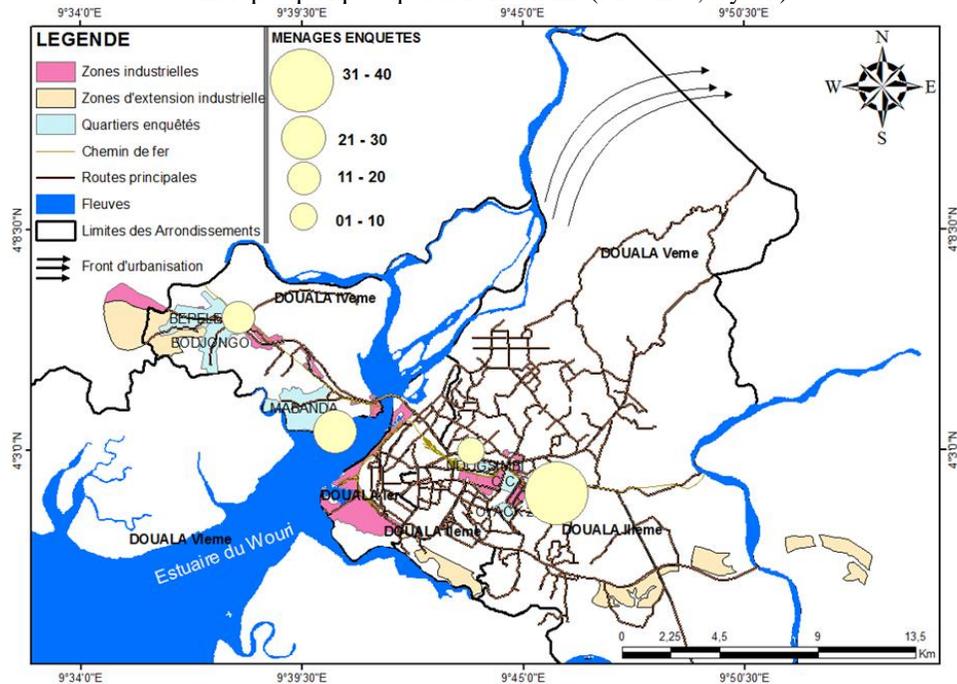
---

<sup>6</sup> Loi N° 98/015 du 14 juillet 1998 relative aux établissements classés dangereux, insalubres ou incommodes

environnementale d'autant plus qu'il se fait en même temps que l'étalement urbain.

A Douala, les populations s'installent sur des sites dangereux sans le moindre respect des normes de construction et d'urbanisme en connaissance peu ou pas des risques auxquels elles s'exposent : les zones marécageuses, les zones inondables, les drains, les abords des usines. Pourtant, le règlement du plan d'occupation des sols (POS) élaboré en 2015 interdit toute construction dédiée au logement ainsi que les bureaux non liés aux activités industrielles. Pour toutes les autres constructions, elles sont sous autorisation spéciale. Cependant, ces dispositions arrivent de manière tardive puisque l'étalement urbain et l'impossibilité pour certains ménages de trouver un logement décent a fait que les habitations se situent à un jet de pierre des usines. Comme on peut le constater sur la figure ci-contre représentant les différents pôles industriels (Bonabéri, Bassa et Yassa) ainsi que les quartiers riverains (fig.2). On constate que les fronts d'urbanisation et d'industrialisation ne coïncident ceci peut se justifier par la disponibilité foncière et le souci de créer de véritables zones résidentielles.

**Figure 2** : Les pôles industriels de Douala et les quartiers riverains. La figure ci-dessous présente les différents pôles industriels (Bonabéri, Ndokotti, Yassa) de la ville de Douala ainsi que quelques quartiers riverains (Mabanda, Oyack)



Source : Données de terrain, 2019

Les deux grands pôles industriels de Douala se distinguent nettement, mais les pôles secondaires en émergence attirent davantage l'attention. Le pôle

de Douala-Bassa s'étend sur le domaine de la commune de Douala 3. Il est constitué du centre industriel de Bassa prolongé à l'Est par la zone industrielle MAGZI<sup>7</sup>, qui couvre une superficie de 350 ha et constitue la plus grande zone industrielle du pays. Son extension Est donne lieu à l'émergence du pôle secondaire de Yassa. Le pôle de Douala-Bonabéri (commune de Douala 4) regroupe le domaine portuaire et la zone industrielle de Bonabéri. C'est la deuxième zone industrielle planifiée de la ville, équipée par la MAGZI et couvrant environ 160 ha. Une zone industrielle spontanée se développe le long de l'axe routier menant vers l'Ouest sur une superficie d'environ 60 ha. L'absence de mise en application des documents de planification urbaine, la précarité des ménages et l'attachement à la terre ont conduit à une réalité qui se traduit par la juxtaposition des habitations, des industries ainsi que les réseaux de drains des effluents. C'est ce qui est présenté ci-contre (Fig.3).



**Source : Google Earth, 2020**

**Figure 3** : Images extraites des quartiers Ndogsimbi et Oyack. Ces images présentent le contexte de l'occupation des sols dans deux quartiers riverains des zones industrielles de Bassa et Ndokotti ; caractérisé par de fortes densités d'habitat autour des usines.

Ceci renforce donc le risque permanent et aggrave la vulnérabilité des ménages décidés à y vivre en raison de la pauvreté et de l'attachement à la propriété foncière. L'enquête auprès des ménages résidant autour des industries montre qu'ils sont victimes de la dégradation de leur cadre de vie et de leur santé même si d'autres facteurs peuvent influencer l'apparition de ces maladies (Tab.1). Ce tableau prouve que le trouble de sommeil est l'une des maladies récurrentes affectant la majeure partie des riverains, suivi des maladies respiratoires.

---

<sup>7</sup> Mission d'Aménagement et de Gestion des Zones industrielles

**Tableau 1** : Types de maladies affectant les riverains

	Types de maladies								
	Respiratoire			Trouble du sommeil <sup>8</sup>			Cutanée		
	Fréquence								
	Tous les jours	Une fois par semaine	Une fois par mois	Tous les jours	Une fois par semaine	Une fois par mois	Tous les jours	Une fois par semaine	Une fois par mois
<b>Nombre de cas</b>	4	8	10	58	/	/	/	6	9

Source : Enquêtes de terrain, 2019

### ***Des rejets de plus en plus perceptibles suscitant des griefs au sein de la population***

L'activité industrielle à Douala génère des effluents et des déchets divers susceptibles d'affecter la qualité de l'air ainsi que les caractéristiques biologiques et chimiques des eaux puisqu'en règle générale, les cours d'eau et les drains artificiels sont des réceptacles définitifs des effluents industriels. La gestion des déchets industriels à Douala reste une pratique non assimilée qui a des conséquences avérées sur l'environnement. L'environnement n'arrive plus à résorber les surplus qu'il encaisse, d'où l'augmentation des charges polluantes et donc des infractions environnementales suscitant le malaise social observé chez les riverains.

### **Des charges polluantes en nette croissance à Douala**

Le rapport du Schéma d'assainissement de la ville de Douala renseigne sur les analyses des lixiviats des exutoires en 2004 et 2015. Le tableau de synthèse des charges polluantes des industries de Douala (Tab.2), en dépit de ses lacunes, montre l'évolution des niveaux de pollutions. Ils sont très élevés même si entre 2004 et 2015, il est observé une légère baisse, le Wouri a subi une légère hausse entre 2004 et 2015. Pour des situations similaires en République Démocratique du Congo, Kapepula et al. (2015), constatent que les moyennes des valeurs de DCO des rivières *Bukavu* varient entre 517 mg/L et 1747 mg/L ; ces valeurs sont très largement supérieures à la norme<sup>9</sup>. Lahoucine Bay et al. (2017) ont fait des constats similaires dans les zones industrielles de transformation du poisson au Maroc. La conductivité des eaux était trop élevée du fait du taux de sel très élevé, et donc difficile à éliminer.

<sup>8</sup>Les troubles du sommeil renvoient à la somnolence en journée, les réveils nocturnes et les insomnies

<sup>9</sup> Bliefert and Perraud, (2008). "Chimie de l'environnement: Eau, Air, Sols, Déchets." Edition de Boeck. (2001).

**Tableau 2** : Synthèse des charges polluantes de Douala des années 2004 et 2015

<b>Année 2004</b>						
<b>Milieu naturel</b>	Charges polluantes (Kg/J) <sup>10</sup>					
		DBO <sub>5</sub>	DCO -	MES	N Total	P Total
	Wouri	560	2800	560	112	56
	Crique Bomono	1	7	1	0	0
Crique Docteur	11	53	11	2	1	
<b>Station d'épuration SAWA</b>		12 936	32 340	9 702	2 426	809
<b>Total</b>		<b>13 508</b>	<b>35 199</b>	<b>10 274</b>	<b>2 540</b>	<b>866</b>
<b>Année 2015</b>						
<b>Milieu naturel</b>	Charges polluantes (Kg/J)					
		DBO <sub>5</sub>	DCO	MES	N Total	P Total
	Wouri	575	2 877	575	115	58
	Crique Bomono	2	9	2	0	0
	Crique Moungo	234	1 168	234	47	23
	Dibamba	449	2 246	449	90	45
Crique Docteur	15	73	15	3	1	
<b>Station d'épuration SAWA</b>		10 177	25 441	7 632	1 908	636
<b>Total</b>		<b>11 451</b>	<b>31 815</b>	<b>8 907</b>	<b>2 163</b>	<b>764</b>

Source : Rapport SDA Douala, 2015

Ces indicateurs de l'existence d'une pollution chimique peuvent se compléter par des observations de terrain. On peut facilement faire un constat physique de la coulée permanente des eaux résiduaires dans les réseaux de drainage des eaux pluviales de la ville. Il est à noter et ce jusqu'aujourd'hui, que des huiles usées ou des eaux fétides ruissellent à ciel ouvert dans les quartiers industriels densément habités comme Oyack, Logbaba, ou Mabanda (Planche 1). L'image de gauche présente des huiles usées stagnantes dans un quartier de la zone industrielle de Bassa, alors que celle de droite montre un liquide rouge drainé à Bonabéri.

<sup>10</sup>Rappelons que d'après les normes de l'organisation mondiale de la santé, les eaux résiduaires rejetées en milieu naturel doivent respecter les valeurs limites suivantes, selon le flux journalier maximal autorisé : Matières en suspension totales (MEST) avec un seuil de <50 mg/l DBO<sub>5</sub> (sur effluent non décanté) : 100 mg/l si le flux journalier maximal autorisé n'excède pas 30 kg/j; demandes chimique et biochimique en oxygène (DCO et DBO) avec un seuil de - <30 mg/l au-delà DCO, Matières en suspension totales (sur effluent non décanté) un seuil de <200 mg/l si le flux journalier maximal autorisé n'excède pas 100 kg/j et <100 mg/l au-delà. Quant à l'Azote (azote total comprenant l'azote organique, l'azote ammoniacal, l'azote oxydé) le seuil est de - 30 mg/l en concentration moyenne mensuelle lorsque le flux journalier maximal est égal ou supérieur à 50 kg/jour. Toutefois des valeurs limites de concentration différentes peuvent être fixées par l'arrêté d'autorisation lorsque le rendement de la station d'épuration de l'installation atteint au moins 80 % pour l'azote pour les installations nouvelles et 70 % pour les installations modifiées. Phosphore (phosphore total) : 10 mg/l en concentration moyenne mensuelle lorsque le flux journalier maximal autorisé est égal ou supérieur à 15 kg/jour



Source : Prise de vue le 10/ 11/2020

**Planche 1:** Effluents industriels déversés dans l'environnement aux quartiers Oyack à Logbaba (gauche) et à Bonabéri (Zone MAGZI)

### ***Des infractions récurrentes dans les industries à Douala***

Les inspections environnementales semestrielles menées dans les établissements classés dangereux, insalubres ou incommodes de Douala ont régulièrement mis à jour l'incivisme environnemental de certains industriels. Habituellement, trois types d'infraction sont relevés par les inspecteurs que nous avons interviewés : administratives, règlementaires, environnementales, avec des taux suivants :

*Infractions administratives (27%):* Il s'agit de l'absence des documents administratifs à l'instar de l'autorisation d'exploitation, de la déclaration, du rapport sur l'évaluation environnementale et le non-respect des cahiers de charge en matière d'effectivité des PGES de l'ordre de 80%. Cette dernière est la principale lorsqu'on se réfère aux établissements classés ne disposant aucune autorisation. (Tab.3)

*Infractions règlementaires : (31%)* Non-respect de certaines normes de rejet des déchets dans l'environnement à l'instar des normes de rejet des eaux usées, l'absence des dispositifs de protection de l'environnement comme les cheminées ou les décanteurs ; fabrication, détention, l'utilisation,

distribution et commercialisation d’emballages plastiques non-biodégradables ; défaut de réalisation des études d’impact environnemental et social ; empêchement de l’accomplissement des contrôles environnementaux.

*Infractions environnementales (42%)*: Le rejet « accidentel » des huiles de vidanges dans la nature, le gaspillage des ressources en eau et électricité, la pollution de l’environnement et du voisinage (dégradation des sols et sous-sols, de la qualité de l’air et des eaux superficielles) sont autant de griefs fréquemment recensés. Ces infractions ont valu l’interpellation en 2018 de près de 400 entreprises par le ministère de l’environnement

Avec la répartition des établissements classés de la ville de Douala, on constate la fréquence du caractère informel et clandestin des entreprises. Sur les près de 1000 établissements classés que compte la ville, la majeure partie des établissements de classe 1 et 2 sont localisés à Douala I (Tab.3), ceci se justifie par la présence des hôtels et les entreprises liées à l’activité portuaire avec aussi un grand nombre non déclaré. Par contre, celle de Douala III vient en seconde position avec une grande proportion des activités artisanales et industrielles. Donc en termes de prise en compte des externalités des entreprises, cette dernière devrait faire l’objet de soins intensifs.

**Tableau 3** : Répartition des établissements classés de catégorie 1et 2 par commune à Douala

	Nombre d’entreprises ayant une autorisation	Nombre d’entreprises non autorisées	Nombre d’entreprises Non déclarées	Total
<b>Mairie Douala I</b>	66	11	356	<b>433</b>
<b>Mairie Douala II</b>	17	1	17	<b>35</b>
<b>Mairie Douala III</b>	134	27	210	<b>371</b>
<b>Mairie Douala IV</b>	35	0	165	<b>200</b>
<b>Mairie Douala V</b>	9	0	130	<b>139</b>
<b>Total</b>	<b>261</b>	<b>39</b>	<b>878</b>	<b>1.178</b>

Source: MINMIDT, 2019

***Les revendications des ménages sont de plus en plus d’actualité***

L’observation des drains raccordés à la Station d’épuration où convergent les effluents jusqu’au milieu naturel témoigne des vacuités en matière de gestion des déchets industriels. Les ménages riverains sont en

conflits ouverts avec les responsables de ces nuisances quotidiennes. Les revendications pour un cadre de vie sain se font de plus en plus incisives sur la scène médiatique. C'est le cas des revendications des populations de Ndogpassi 2 au sujet des promesses non tenues par la société Gaz Du Cameroun (GDC) lors de l'installation de la centrale à gaz, ou encore la revendication indexant la Société Camerounaise des Dépôts Pétroliers (SCDP) au sujet de l'indemnisation des populations expropriées (Tab. 4).

**Tableau 4** : Recensement de quelques plaintes des populations à propos des pollutions industrielles à Douala

Entreprise et type d'activité	Date et lieu d'introduction des plaintes	Objets de la plainte/revendication
Affaire TRANSBOIS (Transformation de bois)	25/08/2017 à Bureau d'appui au développement local de la sous-préfecture de Douala 3	Nuisances sonores nocturnes, vibrations, Obstruction de la voie publique Destruction des biens Détérioration de la qualité de l'air
Affaire PROMETAL 3 METAFRIQUE STEEL (Fonderie artisanale)	24/11/2017 et 15/01/2018 à Bureau d'appui au développement local de la sous-préfecture de Douala 3, Tribunal de Ndokotti	Fumées, odeurs, non-respect des instructions issues des résolutions de la première plainte
Affaire SANO (Fabrication de matière plastique et ensachage d'eau potable)	30/10/2017 à Bureau d'appui au développement local de la sous-préfecture de Douala 3	Nuisances sonores et olfactives Humidité, destruction des biens Vibrations, trouble de jouissance Manque de collaboration
Affaire GDC (Production et approvisionnement des entreprises en gaz industriel)	Mis en ligne le 20/07/2016 Camerounweb.com	Non-respect des promesses faites lors des audiences publiques suite à la construction d'une pipe pour
Affaire MAGZI (Aménagement et gestion des zones industrielles)	Mis en ligne en 2015 Mis en ligne le 28/08/2014 www.irenees.net Hervevillard.over-blog.com	Expropriation foncière et déguerpissement massif
395 Sociétés (Fabrication et importation des emballages plastiques non biodégradables)	Mis en ligne le 11/08/2018 www.journalducameroun.com	Pollution de l'environnement pour la période allant de 2013 à 2015
Affaire SCDP (Stockage et distribution des hydrocarbures)	Cameroun tribune du 11 juin 2019	Non-respect des promesses, Non indemnisation

Source : Données de terrain, 2020

Les riverains des zones industrielles sont de plus en plus conscients de leur droit à un environnement sain et n'entendent plus rester spectateurs de la dégradation de leur cadre de vie. Que ce soit à l'échelle d'un individu, d'un groupe de personnes, du quartier, de l'arrondissement ou de la ville entière, ils usent des voies de recours pour réclamer justice. Les entreprises tardent en

général à s'arrimer aux dispositions de la loi-cadre sur l'environnement de 1996 prescrivant les aspects de la RSE<sup>11</sup>.

### **Facteurs de dégradation environnementale en entreprise**

La gestion environnementale en entreprise est entachée de diverses lacunes : absence de véritables politiques environnementales, des plans de gestion environnementale et sociale peu pertinents, déresponsabilisation des entreprises par la privatisation de la gestion des déchets industriels, responsabilité environnementale déficitaire et mauvaise gestion des coûts des externalités des entreprises.

#### ***Absence de véritables politiques environnementales, des plans de gestion environnementale et sociale peu pertinents, pour une application discriminante***

Parler de politique environnementale suppose un processus qui intègre les méthodes de précaution, de protection et de contrôle de l'environnement. Au niveau actuel de développement industriel, il est difficile au Cameroun de parler d'une rigoureuse politique de gestion de l'environnement industriel, car le programme national de gestion de l'environnement est lui-même porteur de graves insuffisances: dispersion des missions et activités qui concourent à sa mise en œuvre ; l'approche projets des plans quinquennaux, avec comme résultat le saupoudrage des projets, l'absence de vision globale et à long terme, duplication et chevauchement des attributions de certains acteurs institutionnels, notamment l'administration chargée des établissements classés et celle en charge de l'aménagement du territoire ou du développement industriel (Noumsi et Tekeu, 2001).

La majorité d'établissements n'ont pas encore compris le bienfondé de l'intégration de l'environnement dans toute la chaîne de production, encore moins, la maîtrise des exigences de protection de l'environnement liées à chaque type d'activité. Ce retard peut se justifier par les lenteurs dans l'élaboration des lois<sup>12</sup> permettant de réguler les activités ayant un impact sur

---

<sup>11</sup> Le Cameroun a voté 3 lois en plus de celle sur l'environnement et 2 décrets faisant allusion directement ou indirectement à la RSE : Loi N°92/07 du 14 août 1992, portant code du travail, loi N°96/11 relative à la normalisation, loi N°2002/004, modifiée par la loi N°2004/20 et par l'ordonnance N°2009/001, portant charte des investissements de la république du Cameroun ; Décret N°2005/0577/ PM du 23 février 2005 portant sur les modalités de réalisation des études d'impact, décret présidentiel N°2006/088 portant commission nationale anticorruption (CONAC)

<sup>12</sup>Loi N°89/027 du 29 décembre 1989 portant sur les déchets toxiques et dangereux, Loi N°96/12 du 05 août 1996 portant loi cadre relative à la gestion de l'environnement Décret N°2013/0171/PM du 14 février 2013 fixant les modalités de réalisation des études d'impact environnemental et social, Décret N°2013/0172/PM du 14 février 2013 fixant les modalités de réalisation de l'audit environnemental et social.

l'environnement et le social. Si la loi-cadre sur l'environnement a prévu des audits environnementaux pour permettre aux entreprises installées avant 1996 de dégager leurs différents impacts et de prendre des dispositions vis-à-vis de l'environnement et du social, l'arrimage à cette disposition est trop lent. En plus des lenteurs dans l'appropriation des compétences de contrôle de l'environnement par le niveau local, il est difficile de croire à une sérénité dans la gestion environnementale. Les entreprises en profitent pour développer des stratégies de maximisation de leurs bénéfices au détriment de la réparation des dommages environnementaux.

Sur un échantillon de 100 entreprises réparties sur les deux pôles industriels de Douala, nous avons noté que 22% seulement ont un cahier de charge en matière de Plan de Gestion Environnementale et sociale (PGES). Ce document d'après le guide de réalisation des EIE au Cameroun (2008) est une synthèse et une planification de la mise en œuvre des mesures environnementales et sociales devant apporter des réponses durables aux impacts répertoriés dans l'étude d'impact environnemental et social du projet. La gestion de l'environnement dans la plupart des entreprises se limite à des micros pratiques comme : la salubrité des lieux, quelques gestes écologiques comme l'économie d'énergies et la collecte des déchets.

### ***Déresponsabilisation des entreprises par la privatisation de la gestion des déchets industriels***

La responsabilité de gestion des déchets incombe aux entreprises qui les produisent. Or cette gestion est souvent confiée aux entreprises agréées. Celles-ci sont certes soumises à une réglementation stricte en matière d'implantation, mais la concession des déchets est perçue comme une sorte de déresponsabilisation. Le fait pour un industriel de confier ses déchets de type boue industrielle, déchets toxiques, etc. à une entreprise agréée sous la base d'un contrat constitue d'une certaine manière à le décharger de toutes responsabilités en cas de pollution. En effet, l'obligation morale d'éliminer le danger lié au déchet de son activité et de prendre en compte les dommages environnementaux et sociaux disparaissent. La concession de la gestion des déchets donne bonne conscience et désengage des responsabilités sociales. Cette situation est le socle de l'incivisme environnemental observé, car l'entreprise productrice de déchet n'est plus responsable de son élimination finale.

Par ailleurs, les entreprises agréées ne disposent pas suffisamment de logistiques et de moyens techniques et financiers pour asseoir des méthodes de traitement écologiques. La loi N°89/027 du 29 décembre 1989 portant gestion des déchets toxiques et dangereux et la loi Cadre sur l'environnement

de 1996 ne précisent pas les types de déchets dangereux et les seuils de rejet dans le milieu. Nos observations sur les sites de traitement de certains déchets industriels montrent qu'aucune disposition n'est concrètement prise pour protéger l'environnement. Les techniques utilisées vont plutôt dans le sens de la déliquescence de la nature. Sur un espace querellé de la MAGZI/Bassa, il a été observé le déversement des débris et poussières issus de l'incinération des déchets (planche 2). Les chroniques dans les journaux font aussi souvent écho des rejets dangereux dans les sites non appropriés (Le Jour du 10/10/2018, Nouvelle Expression du 21/01/2016).



Source : Prise de vue le 22/11/2019

**Planche 2 :** Débris et poussières issus de l'incinération des déchets industriels déversés dans la nature

### ***Responsabilité environnementale déficitaire et mauvaise gestion des coûts des externalités des entreprises***

La responsabilité environnementale des entreprises est un sujet difficile, voire tabou lorsqu'une discussion est engagée avec un chef d'entreprise. Pourtant, elle impose aux entreprises de prendre leur responsabilité au-delà de leur clôture au regard des impacts négatifs que certaines activités font subir quotidiennement aux populations riveraines. De plus, intégrer l'environnement dans le management de l'entreprise, c'est anticiper sur son avenir, c'est préserver la santé des employés et penser aux générations futures. Les frais exigibles pour chaque type d'évaluation environnementale (Tab.5) sont assez élevés, par exemple un permis environnemental coûte au minimum 4 000 000 FCFA. Ces différents coûts environnementaux sont reversés au MINEPDED et non à la collectivité qui abrite l'entreprise responsable des externalités négatives (pollution, nuisance, destruction des biens collectifs). Une fois que l'entreprise a rempli son devoir du principe pollueur payeur, elle s'abstient de toute autre réparation de dommage environnemental puisqu'elle estime que c'est à l'Etat à travers ses services déconcentrés de faire la meilleure répartition de la cagnotte en tenant compte du contexte de pollution industrielle de chaque commune. Cette situation constitue la réalité des communes industrielles où les conflits avec les entreprises ainsi que les revendications des ménages font partie intégrale du quotidien.

**Tableau 5** : Frais exigible pour une évaluation environnementale au Cameroun

Nom de l'étude	Etude d'impact environnemental et social sommaire	Etude d'impact environnemental et social détaillée ou évaluation environnementale stratégique	Audit environnemental	Notice d'impact environnementale
Frais de termes de référence en CFA	1 500 000	2 000 000	1 500 000	50 000
Frais de validation du rapport d'étude en CFA	3 000 000	5 000 000	5 000 000	100 000
<b>Total</b>	<b>4 500 000</b>	<b>7 000 000</b>	<b>6 500 000</b>	<b>150 000</b>

Source : Décret N°2013/0171/PM du 14 février 2013, Arrêté N°002/ MINEPDED du 08 Février 2016

Au niveau de la prévention, la veille réglementaire s'effectue dans les établissements classés grâce aux missions d'inspection du MINEPDED ayant

pour but la vérification de leur conformité (autorisation d'exploitation, certificat de conformité environnementale, permis environnementale, application des normes en matière de rejet, calibrage des appareils à pression, traçabilité des déchets industriels). Certes les entreprises font des efforts pour recruter un personnel qualifié dans le domaine environnemental, pour sensibiliser tous les acteurs de la chaîne de production et promouvoir l'éco gestion des ressources en eau et électricité. Cependant, il est à noter que l'émergence des pratiques écologiques (énergies non polluantes et le recyclage des déchets) reste un véritable défi. En termes de réparation des dommages environnementaux (dépollution des sites) ou encore de réparation des dommages causés à la propriété collective (destruction de la voirie, la pollution d'un cours d'eau ou de l'air), les entreprises brillent par leur inertie. En août 2018 une situation d'incivisme environnemental a défrayé la chronique. La quasi-totalité des entreprises du domaine des emballages plastiques installées à Douala a fait l'objet de poursuites judiciaires par le ministère de l'environnement. Elles étaient accusées de : fabrication, détention, utilisation, distribution, commercialisation d'emballages plastiques non biodégradables; défaut de réalisation des études d'impact environnemental et social ; empêchement de l'accomplissement des contrôles environnementaux ; dégradation des sols et sous-sols et dégradation de la qualité des eaux superficielles. Depuis 2015, ces entreprises étaient engagées dans une vive contestation de l'action du ministère depuis l'interdiction des papiers plastiques non biodégradables. Des sanctions financières à hauteur de 1,5 millions FCFA leur ont été infligées. Il est pourtant clairement établi que celui qui pollue doit payer et tendre si possible vers une vertu écologique en intégrant que « *le pollueur le plus impénitent peut devenir un modèle de vertu écologique, et l'usine la plus dangereuse peut évoluer vers la prévention la plus tatillonne, dès lors que l'entreprise parvient à définir un nouveau cadre de référence impliquant subjectivement ses participants.* » (Duclos, 2000, p. 11)

Moskolai (2016) à la suite de Djoutsa Wamba L et Lubica Hikkerova (2014) désignent comme « réticent » les entreprises réfractaires (qui n'adoptent aucune stratégie RSE). Nos résultats sans toutefois le contredire laissent plutôt penser à un premier groupe d'entreprise ayant intégré la préservation de l'environnement dans leurs objectifs de management indépendamment du changement des dirigeants. Ce groupe est malheureusement le moins présent. Et un second groupe qui a adopté une démarche plutôt subjective reposant sur le bon vouloir des responsables qui peuvent être ou pas sensibles aux préoccupations de la RSE (Nokam, 2020). Dès lors, l'éloignement de la tutelle ministérielle (même si les services déconcentrés de l'Etat mènent des missions d'inspection), les lenteurs dans la prise des décisions, la recrudescence des infractions environnementales ainsi

que les revendications des populations, nous amènent à penser à une gestion de proximité par le niveau local de contrôle de l'environnement industriel telle qu'initialement prévue par les textes.

### **Pour une légitimité des communes dans le contrôle de la qualité environnementale à Douala**

L'environnement en tant que support de toute activité, nécessite une gestion de proximité telle que préconisé par l'Agenda 21 proposé lors du sommet de Rio de 1992. Les lenteurs dans le transfert des compétences au niveau local, la timidité des communes dans l'appropriation des compétences environnementales ainsi que les conflits liés au contrôle de la qualité du cadre de vie ont prouvé la complexité de la gestion locale. Pour donc intégrer les principes du développement durable, il est temps de promouvoir une réelle décentralisation en lieu et place de la déconcentration des pouvoirs et compétences.

### ***Timidité des communes dans l'appropriation des compétences environnementales***

La décentralisation confère aux régions et communes des compétences en matière d'environnement. Ces compétences sont effectivement transférées mais leur appropriation par les communes reste problématique (Fozing et al. 2012). En effet, N°2004/017 du 22 juillet 2004 renforcée par la loi N°2019/024 du 24 décembre 2019 portant code général des collectivités territoriales décentralisées identifie clairement les domaines de compétences des régions et communes en matière d'environnement (Tab.5). D'après nos divers entretiens avec les responsables municipaux, les communes affichent une timidité à s'approprier ces compétences pour diverses raisons : les lenteurs dans la promulgation des décrets d'application, l'inaptitude de certains gestionnaires locaux à mobiliser les ressources humaines, le manque de ressource financière, l'inadéquation des unités de formations du Centre de Formation de l'Administration Municipale (CEFAM) avec les réalités du terrain, la confiscation des compétences par les services déconcentrés de l'Etat, le chevauchement de compétences (commune d'arrondissement et communauté urbaine), le manque de suivi du processus d'implémentation des compétences par l'Etat, l'affairisme, le réseautage et le clientélisme de certains gestionnaires locaux.

Parmi ces compétences, il est clairement mentionné que le niveau local se charge du suivi et du contrôle de la gestion des déchets industriels. Cependant, le décret N°2014/2379/PM du 20 août 2014 fixant les modalités de coordination des inspections des établissements classés dangereux, insalubres ou incommodes dans son article 24 interdit la surveillance administrative et le contrôle technique des établissements classés aux

collectivités locales. Ce décret a donné tous les prétextes aux entreprises pour développer l'incivisme environnemental. En effet, sachant qu'en cas d'infraction, il n'ya que le ministère à travers son démembrement pour constater et proposer une sanction, les dérives deviennent récurrentes tant qu'elles peuvent être couvertes par le Délégué du ministre. Toutes tentatives de plaintes des populations riveraines ou de la commune sont soumises à un constat préalable du service déconcentré du ministère de l'environnement, constat devenu une sorte de « veto » annihilant toutes contestations évidentes ou non. La controverse des plaintes relève bien de la qualité de l'organe devant constater les pollutions environnementales.

**Tableau 5** : Compétences transférées aux communes et aux communautés urbaines en matière d'environnement

<b>Compétences environnementales transférées</b>	
<b>Communes d'arrondissement</b>	<b>Communautés urbaines/Villes</b>
L'alimentation en eau potable	<b>Le suivi et le contrôle de la gestion des déchets industriels</b>
Le nettoyage des rues, chemins et espaces publics communautaires	<b>L'élaboration des plans communautaires d'action pour l'environnement, notamment en matière de lutte contre les pollutions et les nuisances, de protection d'espaces verts</b>
<b>Le suivi et le contrôle des déchets industriels ;</b>	La création, l'entretien et la gestion des espaces verts, parcs et jardins communautaires
Les opérations de reboisement et la création des bois communaux ;	La collecte, l'enlèvement et le traitement des ordures ménagères
<b>La lutte contre l'insalubrité, les pollutions et les nuisances</b>	La création et l'aménagement d'espaces publics urbains
La protection des ressources en eau souterraine et superficielle ;	La création, l'entretien et la gestion des espaces verts, parcs et jardins communautaires
L'élaboration des plans communaux d'action pour l'environnement	
L'élaboration et la mise en œuvre des plans communaux spécifiques de prévention des risques et d'intervention d'urgence en cas de catastrophes	
La création, l'entretien et la gestion des espaces verts, parcs et jardins d'intérêt communal	
La pré-collecte et la gestion au niveau local des ordures ménagères.	
<b>Notice d'impact environnemental</b>	

Source : Loi N°2019/024 du 24 décembre 2019, N°2013/0171/PM du 14 février 2013

### ***Conflits autour du contrôle de la qualité environnementale de Douala***

Les enjeux de la gestion de l'environnement dans les villes industrielles comme Douala sont susceptibles d'enclencher des batailles et des conflits autour du pouvoir de contrôle. La décentralisation a permis la fragmentation du territoire et surtout la multiplication des pouvoirs de gestion allant du gouverneur au sous-préfet en passant par le préfet, le Maire de la ville et les maires. L'administration de l'environnement est aussi représentée par

ses services déconcentrés. Ce fractionnement de pouvoir donne lieu à des conflits ou à des chevauchements de compétences à plusieurs échelles. Pour le cas précis de la gestion de l'environnement en entreprise, le contrôle et le suivi de la gestion des déchets industriels fait l'objet de conflit entre entrepreneurs, gestionnaires locaux et services déconcentrés. Il est clair que les déchets industriels sont produits par des établissements dits classés et soumis à l'autorité du ministère des mines, de l'industrie et du développement technologique (MINMIDT) appuyé d'un récent décret<sup>13</sup> interdisant les missions de contrôle des mairies. Il reste aux communes l'implémentation de la notice environnementale. Mais elle fait aussi l'objet de controverses montrant que la décentralisation n'est pas de l'avis de tous les représentants de l'administration centrale. La notice environnementale d'après le décret de 2013<sup>14</sup> est un rapport établi au sujet des projets ou établissements de faible envergure ne pouvant pas être assujettis à une étude d'impact environnemental et social ou à un audit environnemental et social, mais pouvant avoir des effets non négligeables sur l'environnement. Cette compétence permet aussi aux communes d'implémenter l'évaluation environnementale en validant les termes de référence, le rapport de la notice réalisée au frais de l'entreprise, le plan de gestion environnementale et sociale et en délivrant un certificat de conformité environnementale ; tout ceci sous la supervision technique du service départemental de l'environnement. D'un côté, les mairies se sont précipitées à soumettre des montants aux entreprises oubliant qu'il s'agissait d'un processus à plusieurs étapes. De l'autre côté, les services déconcentrés ont exalté leur présence en matière d'environnement pour bloquer les initiatives. Au centre de ces conflits se trouvent les entreprises qui se sentent abusées de part et d'autre par de multiples taxes.

### ***Contrôle de la qualité de l'environnement : déconcentration contre décentralisation***

La décentralisation implique « *l'autonomie accrue des élus locaux par un allègement de la tutelle et la suppression du contrôle a priori systématique* ». (Fozing et al. 2012, p. 31). C'est aussi le pouvoir d'exécuter leurs politiques locales dans le respect des lois et règlements nationaux et des principes de bonne gouvernance. Au Cameroun, à Douala plus précisément, la mainmise permanente des services déconcentrés de l'Etat sur ces compétences empêche leur appropriation par les communes. Ce qui laisse

---

<sup>13</sup>Décret N°2014/2379/PM du 20 aout 2014 fixant les modalités de coordination des inspections des établissements classés dangereux, insalubres ou incommodes dans son article 24, qui interdit la surveillance administrative et le contrôle technique des établissements classés aux collectivités locales

<sup>14</sup> Décret N°2013/0171/PM du 14 février 2013, fixant les modalités de réalisations des études d'impact environnemental et social

penser à une déconcentration de pouvoirs et de compétences au lieu d'une réelle décentralisation qui renvoie à l'éclosion du développement participatif. En effet, la décentralisation en elle-même n'est pas le problème, tout comme la tutelle administrative. Il est plutôt question de reconnaître la légitimité des communes dans le contrôle de la qualité environnementale en redéfinissant le cadre et les limites d'intervention de chaque administration. Cependant, il serait plus judicieux de matérialiser l'autonomie effective des communes ou leur primauté sur l'action de contrôle et de suivi de la RSE. L'environnement nécessite une gestion de proximité surtout dans le contexte industriel. En cas de nuisance ou de pollution, le maire est la première personnalité interpellée par les populations pour revendiquer la réparation des dommages due aux externalités négatives des industries. Cette proximité place les communes donc au centre des dispositifs d'alerte et de déclenchement de l'action coercitive. La situation actuelle se complique lorsque les considérations politiques se mêlent. Les rapports politiques et clientélistes enclenchent des complicités qui sapent à la base les étapes de la démarche de contrôle. Il y a donc nécessité de recentrer les enjeux autour des organes de décentralisation. Notamment en s'assurant que les communes disposent de personnels qualifiés, ce qui devrait aboutir à la révision du décret controversé de 2014 interdisant les missions de contrôle et d'inspection dans les établissements classés par les communes, pourtant la récente loi de 2019 sur la décentralisation réaffirme leur présence au contrôle et le suivi de la gestion des déchets industriels. Une plateforme de concertation commune-entreprise-riverains permet de mieux identifier les externalités et de les solutionner à temps. Davantage de responsabilisation de l'entreprise dans l'élimination finale ou le recyclage de son déchet est nécessaire pour la gestion intégrée de l'environnement à Douala.

En croisant PGES, RES et légitimité des communes face au contrôle de la qualité environnementale, ce travail s'inscrit au cœur des débats sur le développement durable des territoires. Ce travail s'inscrit dans la *political ecology* et plus précisément celui débouchant sur la mise en évidence des inégalités et injustices socio-environnementales. On comprend aisément que la gestion intégrée de l'environnement à Douala nécessite l'appropriation effective des compétences transférées aux communes en matière d'environnement notamment dans le suivi et le contrôle de la gestion des déchets industriels, la révision de certaines lois environnementales, la promulgation des normes de rejets industriels adaptées au contexte local, la mise sur pied d'une plateforme de concertation commune-entreprise-population, l'autonomie financière des communes par la gestion des coûts environnementaux liés aux externalités des entreprises.

Cependant, il est à noter que ce travail souffre de l'absence des données explicites sur la pollution industrielle. Ceci dû au fait que les entreprises sont

conscientes de leurs externalités négatives sur l'environnement mais pour ne pas payer à juste prix les dommages aux riverains, ne font aucun effort de communication environnementale. Les services déconcentrés de l'Etat en charge du contrôle des établissements classés sont dans l'incapacité de produire des contre expertises qui témoignent à suffisance de la destruction de l'environnement pour ensuite réclamer justice pour les riverains de manière officielle. Les entreprises agréées dans l'analyse des effluents industriels sont tenues au secret professionnel de non divulgation des données. Dans ces conditions, il est difficile pour le chercheur d'accéder au cœur des pollutions.

### **Conclusion**

La dégradation de l'environnement à Douala est une préoccupation quotidienne pour les populations riveraines des zones industrielles. La situation est d'autant plus alarmante que les industries sont disséminées dans les zones résidentielles. Il a été établi que la gestion de l'environnement en entreprise n'est pas saine et des PME se livrent plutôt à l'incivisme environnemental. La mise en œuvre de la RSE est davantage l'œuvre des Grandes Entreprises. Au demeurant, les plans de gestion environnementale existent théoriquement, mais leur mise en œuvre efficiente fait défaut. Par conséquent, le malaise social est profond au sein des ménages riverains qui revendiquent de plus en plus leur droit à un cadre de vie sain. Les conflits de contrôle des entreprises polluantes amplifient ce malaise. Les communes sont réduites au rôle de spectateurs des pollutions industrielles. La loi leur donne pourtant des pouvoirs de contrôle de la qualité de l'environnement industriel qu'elles tardent à se les approprier. Il y a une réelle nécessité d'harmoniser les rôles. Les entreprises revendiquent le respect du principe pollueur-payeur à travers le versement d'une série de coûts environnementaux qui ne sont pas répercutés aux communes. Une gestion durable de l'environnement doit pourtant inscrire ces communes au centre d'une approche intégrée de gestion des déchets industriels comme c'est le cas pour les déchets ménagers. La vigilance des administrations en charge de l'environnement serait la mieux partagée si et seulement le rôle de chaque acteur est bien déterminé.

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

**Disponibilités des données :** toutes les données sont incluses dans le contenu de cet 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 l'Université de Dschang Cameroun et les principes de la Déclaration d'Helsinki ont été respectés.

### References:

1. Allix-Desfautaux, E., Luyindula G et Makany D., (2015). Développement durable et gestion d'une entreprise : croisements fertiles, *Management & Avenir* 2015/7 N° 81, pp. 15- 36
2. Assako Assako R. J., Tonmeu Djilo C. A., Bley D., (2010). Risques sanitaires et gestion des eaux usées et des déchets à Kribi Cameroun, pp.257-287 in sociétés, environnements Ernazza-Licht, N. (dir.) ; Gruénais, M. C., (dir.) ; et Bley D., IRD Éditions, 2010, 364p
3. Banque Mondiale (2004). Corporate responsibility, When Will Voluntary Reputation Building Improve Standards? In *Public Policy Journal*. Note number 271, available on <http://rru.worldbank.org/PublicPolicyJournal> 4p
4. Berland N., Dreveton B., Essid M., (2009). *Le coût de la protection de l'environnement. La place de la dimension européenne dans la comptabilité contrôle audit*, Strasbourg, France, 153p
5. Bliefert C. et Perraud R., (2008). *Chimie de l'environnement : Eau, Air, Sols, Déchets*, 2<sup>ème</sup>ed., De Boeck University, 478p
6. Boiral, O., (2004). Environnement et économie : une relation équivoque, *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, pp. 1-24. [En ligne], Volume 5 Numéro 2 | novembre 2004, mis en ligne le 01 novembre 2004, consulté le 21 juillet 2020. URL : <http://vertigo.revues.org/3386> ; DOI : 10.4000/vertigo.3386.
7. Bouziane A., (2022). Évolution historique du concept de la responsabilité sociale des entreprises. *Revue Internationale du chercheur* «Volume 3 : Numéro 1» pp : 471-501
8. Charba A., (2018). L'importance de la RSE pour l'entreprise : les principales raisons de l'adhésion d'une entreprise aux préceptes de la RSE. *Revue Marocaine de Gestion et d'Economie*, Vol 4, N°8, Janvier – Juin 2018. <http://revues.imist.ma/?journal=RMGE> ISSN: 2028-4713
9. Carreño C. R., (1994). Risques naturels et développement urbain dans la ville andine de Cusco-Pérou, *Revue de Géographie Alpine*, 82(4), pp. 27-43.
10. Carroll, A. B., (1979). A three-dimensional conceptual model of corporate social performance. *Academy of Management Review*, 4, pp.497-505
11. Ckouekam O., (2015). *Géographie du capital et contrôle des grandes entreprises au Cameroun: impact du contexte socio-politique et*

- culturel. Gestion et management*. Thèse de Doctorat Université de Bordeaux; Université de Yaoundé II, Soutenue le 14 décembre 2015. 248p
12. Djatcho Siefu D, (2012). *Gouvernance Territoriale et Développement Industriel à Douala*, Thèse de Doctorat de l'Université de Yaoundé II soutenue publiquement le 26 avril 2012. 510p
  13. Djoutsa Wamba L et Lubica Hikkerova, (2014). La responsabilité sociale d'entreprise dans les PME camerounaises : bilan, enjeux et perspectives. Editions ICES | « *Revue Congolaise de Gestion* » 2014/1 N° 19 | pp.113-141 ISSN 0773-0543 Article disponible en ligne à l'adresse : <https://www.cairn.info/revue-gestion-2000-2014-6-page-41.htm>.
  14. Duclos D., (2000). *Les Industriels et les risques pour l'environnement*, Paris, L'Harmattan.
  15. El Imrani, S., & Taqi, A. (2022). Relation entre la Responsabilité Sociale des Entreprises et la Performance Financière. *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*, 3(4-1), 132-150. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6612081>
  16. Essombe Edimo J. R., (2007). Localisation périphérique des entreprises industrielles et création de nouvelles centralités à Douala, *Mondes en développement*, 1/2007 (n° 137), pp. 101-116. URL: <http://www.cairn.info/revue-mondes-en-developpement-2007-1-page-101.htm> DOI : 10.3917/med.137.0101
  17. Farley L., Gauthier Y., Leblanc M. et Martel L., (1997). *Guide d'introduction à la comptabilité environnementale*, Environnement Canada et Ordre des comptables agréés du Québec.
  18. Fozing I, Fonkeng G, Mgbwa V, Mbia A., (2012). Niveau d'appropriation et d'effectivité de la décentralisation par les acteurs locaux au Cameroun, *JERA/RARE* 4, pp.31-55 Edition Universitaires de Côte d'Ivoire. [bibliothèque.pssfp.net](http://bibliothèque.pssfp.net)
  19. Gherra, S., Jaeck, M., Joly, C., Marais, M. et Meyer, M., (2013). La responsabilité sociale source d'innovations managériales. Chapitre 10. Dans : Annabelle Jaouen éd., *L'innovation managériale* pp.229-253. Paris: Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.jaoue.2013.01.0229>
  20. Hindou B, Fatiha K., (2011). La SAMIR « Raffinage et environnement dans la région de Mohammedia (Maroc) », in *entreprises et environnement : quels enjeux pour le développement durable?* p.85-106, François Bost ; Sylvie Daviet Edition presses universitaires de Paris Nanterre, 360 P. Publié sur <https://books.openedition.org/le20/12/2012>

21. Igalens J. et Joras M., (2002). La responsabilité sociale de l'entreprise Comprendre, rédiger le rapport annuel, pp. 59-72, Éditions d'Organisation, 2002 ISBN : 2-7081-2771-3
22. INS (2009). Etat de l'industrie camerounaise, Rapport thématique, 52p
23. INS (2010). Recensement général des entreprises de l'année 2009 (RGE 2009)
24. Jbara, N. (2017). « Perspective historique de la responsabilité sociale des entreprises (RSE) ». In *Revue multidisciplinaire sur l'emploi, le syndicalisme et le travail*, 11(1), 86–102. <https://doi.org/10.7202/1043839ar>
25. Joualy D. (2022) « La responsabilité sociale des entreprises : historique et contexte d'émergence du construit », In *Revue Internationale des Sciences de Gestion* « Volume 5 : Numéro 3 » pp : 1 032 – 1 052
26. Kapepula L., Mateso L., Shekani A., Muyisa S., Ndikumana T., et Van Der B., (2015). Evaluation de la charge polluante des rivières des eaux usées ménagères et pluviales dans la ville de Bukavu, République Démocratique du Congo, *Africa Science*, 11(2) (2015) pp.195-204.
27. Khan-Mohammad, G., et Amougou G., (2020). Industrie et développement au Cameroun : les dynamiques d'un État dans l'« émergence ». In *Critique internationale* 2020/4 (N° 89) 2020/4 (N° 89), pages 53 à 74 Éditions Presses de Sciences Po Presses de Sciences Po. ISSN 1290-7839 ISBN 9782724636338 DOI 10.3917/cii.089.0056
28. Loi N° 98/015 du 14 juillet 1998 relative aux établissements classés dangereux, insalubres ou incommodes
29. Lahoucine B., Youssef A., Fouad Z. and Ihya A., (2017). Evaluation de la qualité des eaux usées des industries des conserveries de poisson pour une bonne gérance des ressources d'eau, *Am. J. innov. res. appl. sci.*, 4(3): pp.74-84.
30. Mikol A., (2003). La communication environnementale de l'entreprise, *Revue française de gestion*, 6(147) pp.151-159. <https://www.Cairn.info> »revue française, visité le 25/07/19
31. Moskolaï D., Tsapi V., Feudjo J R., (2016). Etat des lieux de la responsabilité sociale des entreprises au Cameroun, *Management & Avenir* N°86, pp. 16-139
32. Moutila Beni L., (2017). Métabolisme industriel et évaluation de la durabilité à ALUCAM : normalisation et outils de gestion des risques écologiques et sanitaires en entreprise en milieu tropical. <https://moutilageo.hypotheses.org>, visité le 25/07/19
33. Ngok Evina, J.F., (2010). Système de gouvernance et performance des entreprises camerounaises : un mariage harmonieux, *La Revue des Sciences de Gestion*, 3 (243-244), pp. 53-62.

34. Nicolaisen J., Dean A. et Hoeller P., (1990). Economie et environnement: problèmes et orientations possibles, *Revue économique de l'OCDE*, N°16, pp 49-91.
35. Nokam M. N.G., (2020). Plans de gestion environnementale et sociale : entre reponsabilité sociale des entreprises et légitimités des communes à Douala, Thèse de Doctorat de l'Université de Dschang, soutenue publiquement le 29 juillet 2020, 446p
36. Noumsi S., Tekeu J.C., (2001). Dimension industrielle du développement durable au Cameroun, Rapport pour le compte de l'ONUDI, aout 2001. <https://docplayer.fr> »17625728
37. O.S.E.E.D (2007). Synoptique de l'activité économique à Douala. L'Arrondissement de Douala II. Collection « Entreprises & Territoire » Volume 2 octobre 2007. 19p
38. Quairel F. et Auberger M.N., (2005). Management responsable et PME : Une relecture du concept de responsabilité sociétale de l'entreprise, *Revue des Sciences de Gestion : Direction et Gestion*, 40(211/212), pp.111-126.
39. Quynh Lien, D., (2005). « La responsabilité sociale de l'entreprise, pourquoi et comment ça se parle? », Communication et organisation [En ligne], 26 | 2005, mis en ligne le 19 juin 2012, consulté le 28 juin 2022. URL : <http://journals.openedition.org/communicationorganisation/3269> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/communicationorganisation.3269>
40. Rider G., (2003). La responsabilité des entreprises envers la société et les droits des travailleurs. *In Education ouvrière* 2003/1 Numéro 130. La responsabilité sociale des entreprises: mythes et réalités, pp 23-26
41. Robert I., (2022). « Responsabilité sociale de l'entreprise », Développement durable et territoires [En ligne], Vol. 13, n°3 | Décembre 2022, mis en ligne le 16 décembre 2022, consulté le 30 avril 2023. URL : <http://journals.openedition.org/developpementdurable/21984> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.21984>
42. Saulquin J.Y et Schier G., (2007). Responsabilité sociale des entreprises et performance : complémentarité ou substituabilité ? *La Revue des sciences de Gestion, Direction et Gestion* N°223, pp.57-65
43. Saulquin J.Y. et Schier G., (2005). *La RSE comme obligation/occasion de revisiter le concept de performance. Exposé du congrès GREFIGE*, Nancy, 17 & 18 mars, 24P
44. Scotto, C., Fernandez, X., (2017). La pollution olfactive en environnement urbain : cas particulier des odeurs des restaurants, *Pollution Atmosphérique*, N°234, Avril – Juin. 20p

45. Sotamenou J., et Ndonou Tchoumdop M. E., (2012). Pratique de la responsabilité sociétale des entreprises (RSE) par les managers de PME au Cameroun, Rapport de Recherche du FR-CIEA N°38/12 ; Fonds de Recherche sur le Climat d'Investissement et l'Environnement des Affaires (FR-CIEA) ; Dakar, Décembre 2012, 38p
46. Spaey D et Sofias A., (2006). Gestion de l'information environnementale en entreprise : choix et évaluation d'un système, *Documentaliste-Sciences de l'information*, 2 (43), pp.122-129. <https://www.cain.info>, consulté 25/07/19
47. Spence M., Gherib J. Ben B., Ondoua Biwolé V., (2008). Développement durable et PME: une étude exploratoire des déterminants de leur engagement, *Revue Internationale PME*, 20 (3-4), pp 17-42
48. Sulzer E., (2022). La responsabilité sociétale des entreprises face à la transition écologique. In *Céreq Bref* 2022/14 (N° 430) 2022/14 (N° 430), pages 1 à 4 Éditions Céreq Céreq ISSN 0758-1858 DOI <https://doi.org/10.57706/cereqbref-0430>
49. Tchuikoua L. B., et ELONG J. G., (2015). La gestion des déchets solides ménagers à l'épreuve des pratiques urbaines à Douala (Cameroun). *Revue canadienne de géographie tropicale/Canadian journal of tropical geography* [En ligne]. Vol. (2) 1. Mis en ligne le 05 Mai 2015, pp. 38-46. URL: <http://laurentienne.ca/rcgt>
50. Tongue T. Y., (2018). La responsabilité sociétale des entreprises dans la protection de l'environnement au Cameroun. Mémoire de Master, Université de Douala 139p.
51. Wood, D. J., (1991). Corporate social performance revisited. *Academy of Management Review*, N°16, pp.691-718.

## **Infection Medullaire A Schistosoma Mansoni Mimant Une Tumeur**

*Assata Sylla*

*Hiénéya Armel Karidioula*

*Any Gnazégbo*

*Bah Abdoul Kader Koné*

*Yannick Thibaut Koffi*

Service de neurologie, université Alassane Ouattara de Bouaké,  
centre hospitalier et universitaire de Bouaké

*Akissi Sandrine Josette Kouakou*

*Yéné Léa Constante Karidioula*

Service du laboratoire central, université Alassane Ouattara de Bouaké,  
Unité de Parasitologie-Mycologie, Centre hospitalier et universitaire de  
Bouaké

*Aïcha Touré*

*Mohamed Lamine Doumbia*

Service de neurologie, université Alassane Ouattara de Bouaké,  
centre hospitalier et universitaire de Bouaké

*Djakaridja Koné*

Service de maladies infectieuses et tropicales, université Alassane Ouattara  
de Bouaké, centre hospitalier et universitaire de Bouaké

*Elisée Kotchi Bony*

*Ange-Eric Kouamé-Assouan*

Service de neurologie, université Alassane Ouattara de Bouaké,  
centre hospitalier et universitaire de Bouaké

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n15p329](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p329)

---

Submitted: 08 February 2024

Accepted: 29 May 2024

Published: 31 May 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Sylla, A., Karidioula, H. A., Gnazégbo, A., Koné, B. A. K., Koffi, Y. T., Kouakou, A. S. J., Karidioula, Y. L. C., Touré, A., Doumbia, M. L., Koné, D., Bony, E. K., & Kouamé-Assouan, A.-E. (2024). Infection Medullaire A Schistosoma Mansoni Mimant Une Tumeur. European Scientific Journal, ESJ, 20 (15), 329. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n15p329>

---

## Résumé

**Introduction :** La bilharziose médullaire est la manifestation neurologique de l'infection intramédullaire par le *Schistosoma*. L'objectif est d'attirer l'attention du clinicien sur ce mode de présentation de la bilharziose dans les zones endémiques. **Observation :** Nous rapportons le cas d'enfant de 12 ans, admis pour un déficit moteur des deux membres inférieurs d'installation progressive en deux semaines associé à une rétention aiguë des urines, de constipation et une dorsalgie hyperalgique. Les explorations paracliniques nous ont conduits à une infestation médullaire à *schistosoma mansoni*. **Conclusion :** Ce cas clinique nous interroge sur l'espèce du *schistosoma*. Est-ce une hybridation ? Est-ce une coinfection à *schistosoma mansoni* et *haematobium* ? Enfin est-ce un passage accidentel du *schistosoma mansoni* dans les voies urinaires à travers les plexus veineux ? D'où l'intérêt de pousser les explorations avec la polymérase chain reaction ou le génotypage de *schistosoma*. Mais cette technique est d'accessibilité difficile dans notre contexte de travail.

---

**Mots-clés:** Infection intramédullaire, schistosoma mansoni, tumeur

---

## Schistosoma Mansoni Mind Infection Mimicking A Tumor

*Assata Sylla*

*Hiénéya Armel Karidioula*

*Any Gnazégbo*

*Bah Abdoul Kader Koné*

*Yannick Thibaut Koffi*

Service de neurologie, université Alassane Ouattara de Bouaké,  
centre hospitalier et universitaire de Bouaké

*Akissi Sandrine Josette Kouakou*

*Yéné Léa Constante Karidioula*

Service du laboratoire central, université Alassane Ouattara de Bouaké,  
Unité de Parasitologie-Mycologie, Centre hospitalier et universitaire de  
Bouaké

*Aïcha Touré*

*Mohamed Lamine Doumbia*

Service de neurologie, université Alassane Ouattara de Bouaké,  
centre hospitalier et universitaire de Bouaké

*Djakaridja Koné*

Service de maladies infectieuses et tropicales, université Alassane Ouattara  
de Bouaké, centre hospitalier et universitaire de Bouaké

*Elisée Kotchi Bony*

*Ange-Eric Kouamé-Assouan*

Service de neurologie, université Alassane Ouattara de Bouaké,  
centre hospitalier et universitaire de Bouaké

---

### Abstract

**Introduction:** Bone marrow bilharzia is the neurological manifestation of intramedullary infection by *Schistosoma*. The objective is to draw the attention of the clinician to this mode of presentation of bilharzia in endemic areas. **Observation:** We report the case of a 12-year-old child, admitted for a motor deficit in both lower limbs that gradually developed over two weeks and was associated with acute retention of urine, constipation, and hyperalgesic back pain. Paraclinical explorations led us to a bone marrow infestation with *Schistosoma mansoni*. **Conclusion:** This clinical case raises questions about the species of *Schistosoma*. Is this a hybridization? Is it a coinfection with *Schistosoma Mansoni* and *haematobium*? Finally, is it an accidental passage of *Schistosoma Mansoni* into the urinary tract through the venous plexus? Hence the interest in further explorations with polymerase chain reaction or *Schistosoma* genotyping. But this technique is difficult to

access in our work context.

---

**Keywords:** Intramedullary infection, schistosoma mansoni, tumor

## Introduction

La bilharziose constitue, après le paludisme, la maladie parasitaire la plus répandue en Afrique. Sur le plan pathologique, les atteintes de l'appareil génito-urinaire et digestif sont de loin les plus fréquentes, alors que la localisation médullaire constitue une forme rare et sévère de l'infection. L'infection survient généralement après le contact avec l'hôte intermédiaire, qui est un escargot vivant en eau douce, contenant les œufs et le parasite (Fari et al., (2022).

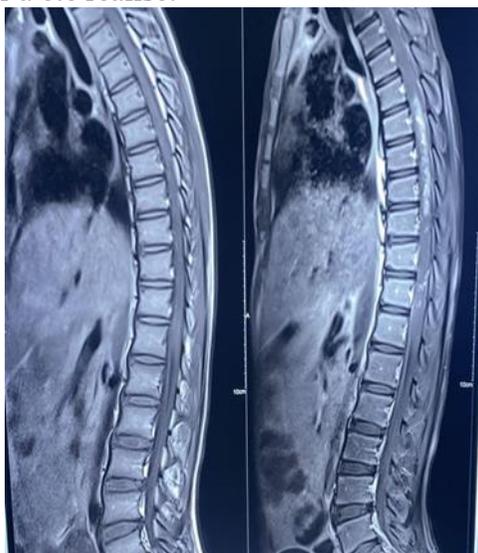
La neuroschistosomiase médullaire, elle est due à une impasse parasitaire. C'est pour cela que la bilharziose se retrouve dans le système nerveux central (Matarneh et al., 2020).

Nous rapportons le cas d'un enfant de 12 ans présentant une myélopathie non fébrile d'installation progressive sur deux semaines.

## Observation

Nous rapportons le cas d'un collégien de 12 ans, qui a été admis pour un déficit moteur des deux membres inférieurs d'installation progressive en deux semaines associé à une rétention aiguë des urines, de constipation et une dorsalgie hyperalgique. Ses antécédents sont marqués par une notion de plusieurs baignades à l'âge de 7 ans en eau douce. En 2019, Il a présenté une hématurie. A l'admission, le patient avait un bon état général et était apyrétique. Il était conscient et présentait une paraplégie flasque associée à des troubles sensitifs avec un niveau lésionnel à T8. On notait des troubles génito-sphinctériens. L'imagerie par résonance magnétique du rachis thoracolumbaire a révélé un gonflement de T2 à T5 et de T7 à T8 en séquence T1 sans injection de gadolinium et un hypersignal irrégulier de T2 à T5 et de T7 à T8 en séquence T1 avec injection de gadolinium (figure 1). Le bilan biologique est représenté dans le Tableau I. La coprologie parasitaire a mis en évidence la présence d'œufs de *Schistosoma mansoni*. (Figure 2). La recherche du poliovirus n'a pas été effectuée car sa forme sauvage a été éradiquée en Côte d'Ivoire. Cependant, des cas sporadiques de virus vaccinal ont été observés au nord-ouest de la côte d'ivoire. De plus, l'enfant était à jour de ses vaccins et même contre la poliomyélite. Le patient a reçu des corticoïdes (prednisone 20 mg : 2 comprimés associés à un comprimé de prednisone 5 mg par jour) pendant 6 semaines suivi du praziquantel à la dose de : 3 comprimés de 600 mg par jour pendant 5 jours. Le patient a bénéficié également d'une kinésithérapie motrice. Nous avons obtenu une récupération de la motricité et un contrôle sphinctérien au bout d'un délai de 6 mois (figure 3). Dans nos

contrée, la prise en charge est entièrement à la charge des parents. Devant l'amélioration clinique du patient, aucun contrôle biologique ni neuroradiologique n'a été réalisé.



**Figure 1 :** IRM du rachis thoraco-lombaire montrant deux niveaux lésionnels  
 (A)gonflement au niveau de T2 à T5 et de T7 à T8 en séquence de T1 sans injection de gadolinium  
 (B)hypersignal irrégulier au niveau de T2 à T5 et de T7 à T8 en séquence de T1 avec injection de gadolinium

**Tableau I :** Bilan biologique

Taux	Résultats	Références
Globules blancs	26,75.10 <sup>3</sup> /ul	4.00-10.0010 <sup>3</sup> /ul
Polynucléaires éosinophiles	64,4%	0,5 – 5%
Lymphocytes	20,3%	20-40%
Polynucléaires neutrophiles	11,8%	50 -70%
Hémoglobine	12g/dl	11-16g/dl
CRP	5mg/l	<5 mg/l
Sérologie Bilharzienne Sanguine	320 ui/l	<1/160 non significative >1/160 significative
Cytologie du liquide céphalorachidien	1600 Leucocytes 99% lymphocytes 1% éosinophiles	Moins de 5 éléments/mm <sup>3</sup>



**Figure 2 :** œuf de schistosoma mansoni à la coprologie



**Figure 3 :** évolution clinique avec régression du déficit moteur et contrôle sphinctérien

## Discussion

La schistosomiase est une maladie parasitaire causée par des douves de *schistosoma* qui peut affecter plusieurs organes, y compris le foie, les intestins, les poumons, la vessie, le cerveau et la moelle épinière. Il existe plusieurs types connus de *Schistosoma*, à savoir *S. haematobium*, *S. intercalatum*, *S. japonicum*, *S. mansoni* et *S. mekongi* (Nelwan, 2019). Elle est

considérée comme la deuxième maladie tropicale la plus fréquente (Li et al., 2011).

Un indice élevé de suspicion clinique basé sur la stratification épidémiologique est nécessaire pour établir le diagnostic de neuroschistosomiase. Notre patient a présenté un syndrome de compression médullaire lente fait de paraplégie flasque associée à des troubles sensitifs avec un niveau lésionnel à T8 et des troubles génito-sphinctériens (constipation, rétention des urines). Ce même constat a été fait dans la littérature (Fari et al., 2022; Matarneh et al., 2020). Les ovules migrent dans la moelle épinière via le plexus veineux vertébral sans valve de Batson. La raison, de l'augmentation de la fréquence à T11±L1 est probablement due au fait que l'anastomose y est maximale (Ueki et al., 1995).

Les petits œufs ronds de *S. japonicum* atteignent le cerveau, contrairement à ceux de *S. mansoni* et de *S. haematobium* qui sont de grande taille.

Le temps entre l'exposition à l'infection et l'apparition d'un dysfonctionnement de la moelle épinière varie d'un mois à plus de 6 ans (Youklif et al., 2008). Dans notre cas, les signes ont débuté au bout de deux ans. La manifestation neurologique médullaire la plus fréquente est le déficit sensitivo-moteur des membres inférieurs et les troubles génito-sphinctériens rapporté par certains auteurs (Fari et al., 2022; Matarneh et al., 2020). Le diagnostic est fait par la mise en évidence des ovules dans les selles ou des vers sur biopsie rectale pour *S. mansoni*. Pour *S. haematobium*, les ovules sont trouvés dans l'urine dans 25% des cas. Chez 60% des patients, les œufs de *S. mansoni* sont identifiés dans les fèces, si la culture des selles est négative une biopsie rectale doit être effectuée (Ferrari, 1999).

La démarche diagnostique comporte deux étapes. Tout d'abord affirmer la schistosomiase, puis rattacher le syndrome neurologique à celle-ci (Ruberti et al., 1999). Le problème diagnostique est d'autant plus ardu que la localisation neurologique peut être la seule et unique manifestation de la maladie (Goasguen et al., 1984). L'origine du sujet ou la notion de séjour en zone d'endémie avec baignades en eau douce éventuellement suivies de lésions cutanées (dermatite bilharzienne) sont des arguments importants. L'hyperéosinophilie n'est constatée que lors des révélations précoces de la maladie. Dans notre cas, le diagnostic a été établi devant les symptômes cliniques, l'hyperéosinophilie à la numération formule sanguine, la positivité de la sérologie bilharzienne dans le sang, la découverte des œufs de schistosomes dans les selles et la neuroimagerie.

Selon Carod-Artal (2008), l'IRM médullaire objective une lésion hétérogène hyper intense aux limites floues ou de multiples images nodulaires inégales ressemblant à une chaîne de perle significativement rehaussée. Cette description est similaire à l'imagerie du patient.

Les moyens thérapeutiques sont soit médicamenteux, soit chirurgicaux avec une analyse anatomopathologique. Dans notre cas le patient étant indigent, nous avons initié un traitement d'épreuve avec une corticothérapie associée à la praziquantel. Il a bénéficié de plusieurs séances de kinésithérapie qui ont amélioré son pronostic fonctionnel. On conçoit que les corticoïdes aient un rôle intéressant dans les phénomènes d'immunité de ces formes aiguës, avec cependant des résultats contradictoires Carod-Artal (2008). Le praziquantel est le médicament de premier choix et est souvent combiné avec des corticoïdes.

### **Conclusion**

La neuroschistosomiase médullaire est l'une des très rares manifestations de l'infection à *Schistosoma*. La réalisation d'une IRM médullaire avec IV et l'examen des selles et des urines à la recherche d'œuf de bilharziose sont important devant une paraplégie flasque en zone d'endémie.

**Conflits d'intérêts** : Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

**Études humaines** : Cette recherche est conforme aux principes éthiques d'Helsinki pour la recherche médicale impliquant des sujets humains. Elle a été approuvée par l'organe institutionnel compétent représenté par la direction médicale scientifique de notre hôpital (Centre hospitalier et universitaire de Bouaké).

**Financement** : Nous déclarons n'avoir reçu aucun financement pour ce travail effectué.

**Disponibilité des données** : Nos données sont disponibles aux archives des dossiers du centre hospitalier universitaire de Bouaké. Nous n'avons pas de référentiel en ligne.

### **References:**

1. Carod-Artal, F. J. (2008). *Neurological complications of Schistosoma infection*. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 102(2), 107–116
2. Fari, E. L., Jaradat, T., Ammouri, W., M Naima, M., Mouna, M., Harmouch, H., Adnaoui, M., Tazi, M. Z., &Khibri, H. (2022). *Localisation intramédullaire de bilharziose*. *La revue de Médecine interne*, 43, 460.
3. Ferrari, T. C. (1999).

- Spinal cord schistosomiasis: A report of two cases and review emphasizing clinical aspects.* *Medicine*,78(3), 176-190
4. Ferrari, T.C., &Moreira, P. R. (2011).  
*Neuroschistosomiasis: clinical symptoms and pathogenesis.* *Lancet Neurol*, 10 (9), 853-864.
  5. Goasguen, J., Antoine, H. M., Saliou, P., Herbelleau, T., Putz, D. M., Jallon, P. M., &Bacquet, C. (1984).  
*Bilharziose cérébrale à Schistosoma mansoni.* *Rev. Neurol*,140(4), 293-295
  6. Li, Y., Ross, A. G., Hou, X., Lou, Z., &McManus, D. P. (2011).  
*Oriental schistosomiasis with neurological complications: case report.* *Ann Clin Microbiol Antimicrob*,10,5
  7. Matarneh, A. S., Abdullah, W., Khan, A. A., Sadiq, A., &Farooqui, K. (2020)  
*A Case of Neuroschistosomiasis Presenting as Transverse Myelitis: The Importance of History Taking.* *Cureus* ,12(11), e11445.
  8. Nelwan ML. (2019).  
*Schistosomiasis: life cycle, diagnosis, and control.* *Curry Ther Res*, 91,5-9.
  9. Ruberti, R. F., &Saio, M. (1999).  
*Epidural bilharzioma mansoni compressing the spinal cord: case report.* *East Afr Med J*, 76(7), 414-416.
  10. Ueki, K., Parisi, J. E., &Onofrio, B. (1995).  
*Schistosoma mansoni infection involving the spinal cord.* *J Neurosurg*, 82(6), 1065-1067.
  11. Youklif, I., Riahi, S., Ibahiouin, K., Sami,A., El Kama, A., &El Azhari, A. (2008)  
*Localization intramédullaire d'une infection schistosomiale.* *AJNS*, 27(1)